

**Univerzita Karlova v Praze**

**1. lékařská fakulta**

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Nutriční terapeut



**Ing. Marie Eliášová**

**Analýza obsahu jednoduchých sacharidů v ovoci jako  
prostředek ověření databázových údajů pro využití v klinické  
praxi**

**An analysis of simple carbohydrate content in fruit as a means  
of data verification for use in clinical practice**

**Bakalářská práce**

Vedoucí práce: Mgr. Tamara Starnovská

Praha, 2018

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem řádně uvedla a citovala všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze této bakalářské práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze, 30. 4. 2018

.....

Ing. Marie Eliášová

**Identifikační záznam:**

ELIÁŠOVÁ, Marie. *Analýza obsahu jednoduchých sacharidů v ovoci jako prostředek ověření databázových údajů pro využití v klinické praxi. [An analysis of simple carbohydrate content in fruit as a means of data verification for use in clinical practice]*. Praha, 2018. 49 s., 2 příl. Bakalářská práce (Bc.). Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta, III. interní klinika – klinika endokrinologie a metabolismu 1. LF a VFN v Praze. Vedoucí práce: Mgr. Tamara Starnovská

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Mgr. Tamaře Starnovské za odborné vedení práce a za veškerou pomoc, podporu, rady a za nevýslovnou trpělivost a ochotu, jež mi během práce věnovala. Poděkování patří též doc. Ing. Aleně Hejtmánkové, CSc. za realizaci praktické části bakalářské práce a Ing. Luboši Paznochtovi za pomoc při chemické analýze. V neposlední řadě bych také ráda poděkovala Barboře Kaftanové a Haně Eliášové za pomoc při korektuře textu.

## Abstrakt

**Východiska:** V současné době se zvyšuje výskyt onemocnění souvisejících s metabolismem sacharidů, jako jsou diabetes mellitus, obezita, metabolický syndrom, kardiovaskulární choroby apod. Nedílnou součástí terapie těchto onemocnění je léčebná výživa, v rámci které je pacientům doporučován příjem ovoce. Nicméně toto obecné doporučení nepřihlíží k rozdílnostem v obsahu a skladbě sacharidů mezi jednotlivými druhy ovoce. Jelikož právě příjem jednoduchých sacharidů ve stravě může mít u zmíněných onemocnění závažné zdravotní důsledky, bylo by vhodné na základě obsahu a skladby jednoduchých sacharidů vytipovat vhodné a nevhodné druhy ovoce, a tak vytvořit či blíže specifikovat doporučení pro příjem ovoce u zmíněných onemocnění. Jedním z veřejně dostupných zdrojů údajů o obsahu a skladbě sacharidů v ovoci je Databáze složení potravin ČR, nicméně použitelnost zde uvedených údajů pro tvorbu doporučení je vázáno na ověření jejich platnosti. Účinným nástrojem pro ověření validity těchto údajů je nezávislá chemická analýza.

**Cíle práce:** Prvním cílem práce bylo charakterizovat jednoduché sacharidy v různých druzích ovoce nezávislou chemickou analýzou a ověřit, zda existuje shoda mezi databázovými údaji a hodnotami reálných vzorků. Druhým cílem práce bylo interpretovat výstupy získané z analýzy a navrhnout jejich využití v klinické praxi k tvorbě konkrétních doporučení pro příjem jednotlivých druhů ovoce u onemocnění souvisejících s metabolismem sacharidů.

**Metodika:** Praktická část práce byla koncipována jako chemická analýza 30 druhů ovoce. Analytickou metodou byla kapalinová chromatografie ve spojení s refraktometrickou detekcí. V ovoci byly stanoveny obsahy jednotlivých sacharidů, celkový obsah sacharidů, poměr fruktózy a glukózy a dále jedlý podíl ovoce a průměrná hmotnost plodu. Celá analýza byla provedena dvakrát – v červenci a březnu – pro posouzení mezisezónní variability. Stanovená data byla zhodnocena metodami popisné statistiky a pro zhodnocení shody s týmiž údaji získanými z Databáze složení potravin ČR byla data vyhodnocena statistickou metodou MANOVA. Veškeré výsledky byly zpracovány v programech Microsoft Office 2010 Excel a Statistica 12.

**Výsledky:** Měření prokázalo vysokou variabilitu v obsazích i skladbě sacharidů, a to jak mezi jednotlivými druhy ovoce, tak uvnitř druhu mezi jednotlivými kusy téhož ovoce, a také u stejného druhu ovoce mezi ročními obdobími. Nejméně variabilním parametrem byl poměr fruktózy a glukózy. Porovnáním naměřených a databázových dat byl zjištěn statisticky významný rozdíl ve všech parametrech s výjimkou poměru fruktózy a glukózy, který tedy lze považovat za jediný relevantní databázový údaj. Tento parametr byl tudíž zvolen jako nejvhodnější podklad k tvorbě doporučení pro příjem ovoce u onemocnění souvisejících s metabolismem sacharidů.

Praktickým výstupem práce byla doporučení pro příjem ovoce u následujících onemocnění: obezita, dyslipidémie, ateroskleróza, metabolický syndrom, fruktózová malabsorpce, syndrom dráždivého tračníku a diabetes mellitus. Doporučení bylo koncipováno formou seznamu vhodných a nevhodných druhů ovoce.

**Závěr:** Cíle bakalářské práce byly splněny, přičemž praktickým výstupem využitelným v klinické praxi byla vytvořená doporučení pro příjem ovoce u onemocnění souvisejících s metabolismem sacharidů. Uvedená doporučení přehledně a jednoduše uvádí vhodné a nevhodné druhy ovoce pro konkrétní onemocnění a mohla by tudíž být využita k edukaci či rozšíření znalostí pacientů trpících zmíněnými onemocněními.

**Klíčová slova:** fruktóza, glukóza, chemická analýza, metabolismus sacharidů, onemocnění související s metabolismem sacharidů, poměr fruktózy a glukózy

## **Abstract**

**Introduction:** Nowadays an occurrence of diseases related to carbohydrate metabolism, such as diabetes mellitus, obesity, metabolic syndrome or cardiovascular diseases, is rising. The medical nutrition which is an integral part of the therapy of these diseases includes a recommendation of fruit intake. Nevertheless, this recommendation does not take into account differences in carbohydrate content and composition in various fruit species. The simple carbohydrate intake by patients with the mentioned diseases can have serious medical consequences and therefore, it would be appropriate to make a selection of suitable and unsuitable fruit species based on their carbohydrate content and composition. With such knowledge it would be possible to create or specify recommendations for fruit intake for the mentioned diseases. The data of carbohydrate content and composition in fruit are publicly available in Czech Food Composition Database, nevertheless, these data should not be used to make recommendations until their validity is checked. An independent chemical analysis is an effective tool for verification of the data validity.

**Objectives:** The first objective of this thesis was to perform an independent chemical analysis of various fruit species to characterize their simple carbohydrates and assess, whether there is conformity between the data obtained from the database and the data obtained from the real samples. The second objective of this thesis was to interpret the findings obtained from the analysis and suggest their use in clinical practice for creating particular recommendations for fruit intake for diseases related to carbohydrate metabolism.

**Methods:** The practical part of the thesis was designed as a chemical analysis of 30 fruit species. The analytical method was liquid chromatography with refractive index detection. The individual carbohydrate content, the total carbohydrate content, the fructose-glucose ratio, the edible portion and the average fruit weight were determined. The analysis was performed twice, in July and in March, to assess the inter-seasonal variability of the parameters. The measured data were evaluated using descriptive statistics, while the conformity between the data obtained from the database and from the analysis were assessed by the multivariate analysis of variance (MANOVA). Microsoft Office 2010 Excel and Statistica 12 programs were used to process all the data.

**Results:** The analysis showed high variability in carbohydrate content and composition in different fruit species, as well as in individual pieces of the same fruit species and also in the same fruit species analysed in different seasons. The least variable parameter was fructose-glucose ratio, which was also the only parameter with no statistically significant difference between the data obtained from the database and from the analysis. It could be thus considered as the only relevant parameter obtainable from the database. Consequently, this parameter was chosen to be the best basis for making the fruit intake recommendations for diseases related to carbohydrate metabolism.

The practical outcomes of the thesis were the fruit intake recommendations for the following diseases: obesity, dyslipidemia, atherosclerosis, metabolic syndrome, fructose

malabsorption, irritable bowel syndrome and diabetes mellitus. The recommendations were compiled as a list of suitable and unsuitable fruit species.

**Conclusion:** The objectives of the bachelor thesis were achieved and its practical outcomes for clinical practice were the fruit intake recommendations for diseases related to carbohydrate metabolism. These recommendations introduce suitable and unsuitable fruit species clearly and simply and could be therefore used to educate the patients suffering from the mentioned diseases or to expand their knowledge.

**Keywords:** carbohydrate metabolism, chemical analysis, fructose, fructose-glucose ratio, glucose, disease related to carbohydrate metabolism



## OBSAH

TEORETICKÁ ČÁST .....	3
1 ÚVOD.....	3
2 SACHARIDY .....	5
2.1 Chemická charakteristika sacharidů.....	5
2.2 Zdroje sacharidů ve stravě .....	5
2.3 Fyziologie sacharidů .....	6
2.3.1 Význam glukózy .....	6
2.3.2 Trávení sacharidů.....	7
2.3.3 Vstřebávání sacharidů.....	7
2.3.4 Metabolismus glukózy.....	8
2.3.5 Metabolismus fruktózy .....	9
2.3.6 Inzulin .....	10
3 ONEMOCNĚNÍ SOUVISEJÍCÍ S METABOLISMEM SACHARIDŮ .....	11
3.1 Onemocnění související s nadměrným příjmem sacharidů.....	11
3.1.1 Fyziologický mechanismus.....	11
3.1.2 Obezita.....	12
3.1.3 Dyslipidémie.....	13
3.1.4 Ateroskleróza .....	14
3.2 Vybraná onemocnění související s metabolismem sacharidů.....	15
3.3 Onemocnění související s metabolismem fruktózy .....	15
3.3.1 Hereditární fruktózová intolerance .....	15
3.3.2 Fruktózová malabsorpce .....	15
3.3.3 Syndrom dráždivého tračníku .....	16
3.4 Onemocnění související s metabolismem glukózy .....	16
3.4.1 Nedostatek inzulínu .....	16
3.4.2 Inzulinová rezistence .....	17
3.4.3 Metabolický syndrom .....	18
3.4.4 Diabetes mellitus.....	19
4 OVOCE .....	23
4.1 Ovoce jako zdroj sacharidů.....	23
4.2 Ovoce ve výživě při onemocněních souvisejících s metabolismem sacharidů.....	23
4.2.1 Redukční dieta při obezitě a metabolickém syndromu.....	24

4.2.2	Ateroskleróza a dyslipidémie.....	24
4.2.3	Diabetes 1. typu .....	25
4.2.4	Diabetes 2. typu .....	25
4.2.5	Fruktózová intolerance .....	25
4.2.6	Fruktózová malabsorpce a syndrom dráždivého tračníku .....	26
4.3	Možné přístupy po zařazování ovoce do léčebné stravy.....	26
4.4	Problematika získávání údajů o obsahu sacharidů.....	27
PRAKTICKÁ ČÁST .....		28
5	CÍLE PRÁCE .....	29
6	POPIS VLASTNÍHO VÝZKUMU .....	30
6.1	Design výzkumu .....	30
6.2	Metody tvorby dat.....	30
6.3	Výzkumný soubor .....	31
6.4	Metody analýzy dat .....	31
7	VÝSLEDKY.....	33
8	DISKUZE .....	36
9	VYTVOŘENÁ DOPORUČENÍ .....	39
9.1	Obezita, dyslipidémie, ateroskleróza, metabolický syndrom.....	39
9.2	Hereditární fruktózová intolerance .....	40
9.3	Fruktózová malabsorpce, syndrom dráždivého tračníku .....	40
9.4	Diabetes mellitus.....	40
10	ZÁVĚR .....	42
POUŽITÁ LITERATURA .....		43
SEZNAM ZKRATEK .....		49
PŘÍLOHY .....		I

# TEORETICKÁ ČÁST

## 1 ÚVOD

Sacharidy jsou jednou ze základních složek stravy a spolu s ostatními nutrienty zajišťují fungování lidského organismu. Sacharidy jsou zdrojem dobře dostupné energie a organismus disponuje mnoha mechanismy pro její efektivní získání a využití. V energetickém metabolismu (tedy procesu získávání energie) se stýkají látkové přeměny všech živin a tvoří velmi komplexní a vzájemně propojený systém. V případě, že dojde k porušení metabolismu sacharidů, je tak narušen metabolismus i dalších živin stejně jako celý energetický metabolismus, což se může projevit závažnými zdravotními důsledky.

Existuje celá řada onemocnění souvisejících s metabolismem sacharidů, ať už se jedná o příčinu či důsledek poruchy metabolismu. Z obecného hlediska může být metabolismus sacharidů porušen na úrovni štěpení, vstřebávání, transportu nebo zpracování. Asi nejčastější poruchou štěpení sacharidů je laktózová intolerance, tedy porucha trávení mléčného cukru laktózy. Poruchy vstřebávání nejčastěji souvisejí s fruktózou, jako je např. fruktózová malabsorpce nebo syndrom dráždivého tračníku. Poruchy ve fázi metabolického zpracování sacharidů jsou vždy podkladem závažných onemocnění s většinou rozsáhlými zdravotními následky, jako je např. galaktosémie (porucha zpracování galaktózy) nebo hereditární fruktózová intolerance (porucha zpracování fruktózy). Jedním z nejvýznamnějších onemocnění současné doby, jehož podstatou je porucha metabolismu sacharidů, je diabetes mellitus. Jedná se o získanou poruchu transportu a udržování homeostázy glukózy, v jejímž důsledku vzniká řada dalších komplikací, které významně snižují kvalitu života a mohou být přímou příčinou předčasného úmrtí. Jedním z patogenetických mechanismů vzniku diabetu je inzulinová rezistence, která je zároveň hlavní příčinou rozvoje metabolického syndromu. Ten představuje komplex více metabolických poruch a je celosvětově rozšířen hlavně ve vyspělém světě, kde ho lze označit za jednu z hlavních příčin úmrtí.

Odlišným případem jsou onemocnění, která nejsou způsobena primární poruchou sacharidového metabolismu, ale naopak celkový metabolismus je porušen v důsledku nadměrného příjmu sacharidů. Typickým onemocněním spadajícím do této skupiny je obezita. Abnormální hromadění tukové tkáně až přes patologickou mez je způsobeno multifaktoriálně, avšak nadměrný příjem především jednoduchých sacharidů hraje ve vzniku obezity významnou roli. Také obezita je celosvětově velice rozšířena a bývá považována za asi nejčastější metabolické onemocnění na světě. Dalším významným onemocněním, které může souviset s poruchou metabolismu v důsledku nadměrného příjmu jednoduchých sacharidů, je ateroskleróza – onemocnění cév v důsledku hromadění krevních lipidů. Tato souvislost je spíše okrajová, neboť existují významnější rizikové faktory aterosklerózy, přesto však nelze vliv jednoduchých sacharidů opomenout. Ateroskleróza je totiž příčinou mnoha kardiovaskulárních onemocnění, která jsou zodpovědná za častá úmrtí ve vyspělých zemích.

Z uvedeného výčtu vyplývá, že příjem sacharidů, především těch jednoduchých, jakými jsou glukóza, fruktóza nebo sacharóza, může významně ovlivňovat nebo dokonce způsobovat některá závažná onemocnění. Velké množství potravin je zdrojem jednoduchých sacharidů a v případě výskytu některého zmíněného onemocnění je nezbytné jejich konzumaci upravit. Ve vyspělých zemích jsou nejčastějšími zdroji jednoduchých sacharidů ve stravě sladkosti a veškeré doslazované potraviny, jako jsou limonády, pečivo, cereální výrobky, mléčné výrobky apod. Tyto typy výrobků by ze stravy pacientů měly být zcela vyloučeny. Naopak se dává přednost přirozeným zdrojům jednoduchých sacharidů, jakým je především ovoce. Právě ovoce tvoří nedílnou součást jak zdravé stravy, tak diet u mnohých onemocnění. V rámci těchto diet je však jen málo přihlíženo k odlišnostem mezi jednotlivými druhy ovoce. Přitom mezidruhově vykazuje ovoce velké rozdíly jak v celkovém obsahu jednoduchých sacharidů, tak v obsahu konkrétních sacharidů – glukózy, fruktózy a sacharózy. Bližší znalost skladby sacharidů v různých druzích ovoce by mohla pomoci optimalizovat doporučení pro jeho příjem u uvedených onemocnění. Z fyziologické podstaty těchto onemocnění je totiž zřejmé, že ne všechny jednoduché sacharidy pro ně budou problematické.

Údaje o celkovém obsahu sacharidů i o jejich skladbě v různých druzích ovoce jsou volně dostupné např. v Databázi složení potravin ČR nebo v jiných databázích či aplikacích (např. Kalorické-tabulky.cz či Nutriservis), ale také v odborné literatuře. Validita těchto údajů však může být sporná, v některých případech není řádně uveden jejich zdroj a data se mohou mezi jednotlivými zdroji lišit. Také je třeba brát v potaz, že ovoce je přírodní materiál, který může vykazovat vysokou variabilitu v množství obsažených látek. Další možností pro získání údajů o obsahu živin v potravinách je přímá chemická analýza daného materiálu. Provedením chemické analýzy lze získat údaje o obsahu a skladbě sacharidů v různých druzích ovoce, zároveň popsat jejich variabilitu a na jejich základě posoudit platnost běžně dostupných databázových dat.

Chemická analýza tedy může být účinným nástrojem při optimalizaci doporučení příjmu ovoce u pacientů trpících uvedenými chorobami.

## 2 SACHARIDY

K zajištění života a pro správnou funkci organismu jsou nezbytné výživové látky (nutrienty), které jsou základními složkami potravy. Organismu dodávají energii a látky nezbytné pro obnovu, růst a správnou funkci tělesných tkání. Energie z nutrientů je získávána spalováním (chemickou oxidací) látek, které se nazývají makroživiny. Jedná se o výživové látky, které jsou ze stravy přijímány v řádech desítek gramů denně a jsou jimi sacharidy, tuky a bílkoviny (Zlatohlávek, Pejšová, & Svačina, 2016b).

Sacharidy slouží organismu jako pohotový zdroj energie, přičemž metabolickou oxidací 1 g sacharidu získává organismus 4 kcal (17 kJ). Více než polovina denního energetického příjmu (konkrétně 55 – 60 %) je získávána právě ze sacharidů, dalších 25 - 30 % je hrazeno z tuků a zbylých 10 – 15 % z bílkovin (Křížová, 2016).

### 2.1 Chemická charakteristika sacharidů

Z chemického hlediska tvoří podstatu všech sacharidů základní cukerné jednotky - cyklické formy uhlíkatých polyhydroxylovaných řetězců. Podle počtu cukerných jednotek (CJ) v molekule se sacharidy dělí na monosacharidy (1 CJ), oligosacharidy (2 – 10 CJ) a polysacharidy (> 10 CJ). Pro svůj nutriční význam je někdy ještě zvlášť vyčleňována skupina disacharidů (2 CJ). Přehled nutričně nejdůležitějších sacharidů je uveden v tabulce č. 1 (Velíšek & Hajšlová, 2009, s. 208-214).

**Tabulka č. 1.** Přehled nutričně významných sacharidů

monosacharidy	disacharidy	oligosacharidy	polysacharidy
glukóza fruktóza galaktóza	sacharóza laktóza maltóza	trehalóza rafinóza	škrob glykogen

zdroj: Velíšek & Hajšlová, 2009, s. 208-214

### 2.2 Zdroje sacharidů ve stravě

Prakticky jediným zdrojem sacharidů v lidské výživě je rostlinná strava, neboť živočišná strava obsahuje sacharidy v naprosto minimálním množství (Zlatohlávek, Pejšová, & Svačina, 2016b). Monosacharidy a disacharidy jsou významnými nositeli organoleptických vlastností potravin (tedy takových vlastností, které jsou hodnotitelné lidskými smysly), konkrétně sladké chuti. Oligosacharidy ani polysacharidy sladkou chuť nemají. Oligosacharidy mají ve výživě oproti ostatním typům sacharidů pouze okrajový význam, mohou např. sloužit jako prebiotika. Polysacharidy představují koncentrovaný zdroj energie a v potravinách jsou nositeli především technologických vlastností – např. textury potravin (Velíšek & Hajšlová, 2009, s. 214-251).

Nejvýznamnějšími volně se vyskytujícími monosacharidy jsou glukóza (též hroznový cukr) a fruktóza (ovočný cukr). Jejich hlavním přirozeným zdrojem je ovoce a med, v malých množstvích jsou obsaženy také v zelenině nebo okopaninách

(brambory, řepa). Glukóza je zároveň nejrozšířenější cukernou jednotkou a je součástí všech důležitých sacharidů s delším řetězcem. Kromě toho jak glukóza, tak fruktóza tvoří významnou součást řady zpracovaných potravin, kam jsou přidávány pro svou sladkou chuť, nejčastěji ve formě glukózo-fruktózového sirupu. Toto sladidlo se vyrábí enzymatickou konverzí glukózy, kdy vzniká směs s přibližně stejným podílem glukózy a fruktózy. Jeho výhodou je vyšší sladivost celé směsi oproti samotné glukóze a snadné použití, neboť je v tekuté formě. Ovšem právě přidané monosacharidy představují ve výživě moderní společnosti značný problém, protože se vysokou měrou podílejí na nadměrném energetickém příjmu, s kterým je spojen rozvoj tzv. civilizačních onemocnění. Ve stravě obyvatel vyspělých zemí jsou nejčastějšími zdroji jednoduchých sacharidů sladkosti, cukrovinky a veškeré doslazované potraviny – jemné a trvanlivé pečivo, snídaňové cereálie, slazené nápoje typu limonád, ale také slazené alkoholické nápoje, zmrzliny, řada mléčných výrobků, některé snacky, některé instantní potraviny (např. obilné kaše), kečupy apod. (Velíšek & Hajšlová, 2009, s. 214-217).

Významnými disacharidy ve stravě jsou sacharóza (též řepný cukr), laktóza (mléčný cukr) a maltóza (sladový cukr). Nejběžněji se vyskytuje sacharóza, která se skládá z jedné molekuly glukózy a jedné molekuly fruktózy. Je výhradně rostlinným sacharidem, vyskytuje se hlavně v ovoci a zelenině a pro její průmyslovou výrobu je využívána cukrová třtina a cukrová řepa. Sacharóza se používá ve mnoha typech zpracovaných potravin jako univerzální sladidlo. Laktóza je hlavním sacharidem mléka savců a tudíž i součástí mléčných výrobků. Je tvořena glukózou a galaktózou. Maltóza se skládá ze dvou glukóz a vyskytuje se ve sladu (Velíšek & Hajšlová, 2009, s. 233-241).

Nejdůležitějším přirozeným zdrojem energie z potravin je škrob, polysacharid, který je zásobní látkou rostlin. Jeho živočišným analogem je glykogen, který se však ve stravě vyskytuje pouze v malém množství. Škrob se skládá pouze z jednotek glukózy a představuje tedy koncentrovaný zdroj energie. V našich zeměpisných podmínkách jsou jeho přirozenými zdroji všechny druhy obilovin, brambory a luštěniny, ale nejčastěji je ve stravě zastoupen ve zpracované formě jako součást mouky. Škrob má též široké uplatnění v potravinářské výrobě, kde se používá do mnoha potravin především pro tvorbu textury a pro stabilizaci výrobku (Velíšek & Hajšlová, 2009, s. 251-259).

## **2.3 Fyziologie sacharidů**

### **2.3.1 Význam glukózy**

Nejdůležitějším sacharidem pro lidský organismus je glukóza. Jelikož glukóza je pro organismus nejefektivnějším přímým zdrojem energie, jsou i ostatní monosacharidy před vlastním využitím přeměněny na glukózu. Pro organismus je nezbytné udržovat v krevním oběhu její stálou hladinu jako pohotovou zásobu pro její okamžité využití. Koncentrace glukózy v krvi resp. v krevní plazmě je označována jako glykémie. Fyziologická hladina glykémie na lačno se pohybuje v rozmezí 3,5 – 5,5 mmol/l (Vokurka, 2000), toto rozmezí lze také označit jako normoglykémii. Pokud hladina

glukózy klesá, označuje se tento stav jako hypoglykémie, opačným případem je hyperglykémie (Holeček, 2016, s. 99).

### 2.3.2 Trávení sacharidů

Sacharidy přijaté v potravě podléhají v těle štěpným reakcím a jsou postupně hydrolyzovány až na základní monosacharidy. Polysacharidy (škrob) jsou štěpeny enzymem  $\alpha$ -amylázou, která je obsažena nejprve ve slinách (kde je označována též jako ptyalin) a následně v pankreatické šťávě. Produktem štěpení škrobu jsou maltóza, maltotrióza a  $\alpha$ -limitní dextriny. Ty jsou spolu s ostatními oligosacharidy štěpeny enzymy enterocytů kartáčového lemu: sacharázou, maltázou, izomaltázou, laktázou nebo trehalázou. Oproti tomu monosacharidy před vlastní resorpcí štěpeny nejsou (Bernášková, 2016; Silbernagl & Despopoulos, 2016, s. 272-273).

### 2.3.3 Vstřebávání sacharidů

Veškeré přijaté sacharidy jsou vstřebatelné výhradně ve formě monosacharidů jako glukóza, fruktóza a galaktóza. Tyto tři monosacharidy jsou jedinými štěpnými produkty polysacharidů a oligosacharidů. Kromě nich využívá organismus také minoritní dietní monosacharidy (např. ribózou). Monosacharidy jsou vstřebávány do slizničních buněk a následně do portální krve dvěma způsoby – pomocí aktivního a pasivního transportu. Oba typy jsou zprostředkovány specializovanými membránovými proteiny, které bývají označovány zkratkou GLUT (popř. SGLT). První fází vstřebávání je transport monosacharidů ze střevního lumen do enterocytů. Ten probíhá stejně u glukózy a galaktózy, ale odlišně u fruktózy. Glukóza a galaktóza jsou transportovány aktivně přenašečem SGLT 1, který je vysoce efektivní zvláště pro přenos glukózy a umožňuje dosažení její prakticky nulové koncentrace v lumen střeva (stejně tak působí i při zpětné resorpci glukózy v proximálních tubulech ledvin). Oproti tomu fruktóza je vstřebávána pasivně přenašečem GLUT 5. Na rozdíl od transportu glukózy, je tento typ přenosu méně efektivní a pomalejší. Druhá fáze vstřebávání do portální krve probíhá u všech monosacharidů stejně, pasivně přenašečem GLUT 2 (Baynes & Dominiczak, 2009, s. 118-121; Holeček, 2016, s. 82-84; Silbernagl & Despopoulos, 2016, 272-273).

Po vstřebání do krve jsou monosacharidy transportovány portální krví do jater. Hepatocyty z krve vylučují veškerou fruktózu a galaktózu a okolo 80 % glukózy a dále je metabolizují. Část glukózy zůstává v krvi pro udržení glykémie a může být využita jako zdroj energie v periferních tkáních (Schaefer, Gleason & Dansinger, 2009).

Existuje 13 různých izoform GLUT transportérů, které se vzájemně liší především výskytem v různých tkáních a různou afinitou ke glukóze. Největší význam mají transportéry GLUT 1, 2 a 4 (Holeček, 2016, s. 83).

Transportér GLUT 1 zprostředkovává přenos glukózy do takových tkání a orgánů, jejichž metabolismus je na ní přímo závislý, např. do erytrocytů a mozkové tkáně. Jeho afinita vůči glukóze je relativně vysoká, a proto jím zprostředkovaný vstup glukózy do buněk není závislý na hodnotě glykémie. Z tohoto důvodu mohou být životně důležité tkáně (erytrocyty a mozek) zásobovány glukózou konstantně bez ohledu na výkyvy v jejím

příjmu a zároveň přednostně na úkor jiných tkání. (Holeček, 2016, s. 83; Koolmann & Röhm, 2016, s. 212)

GLUT 2 je transportérem v membránách hepatocytů,  $\beta$ -buněk pankreatu, a buněk ledvin a střevní mukózy. Má tudíž významnou úlohu při přestupu glukózy z krve do jater, při reabsorpci glukózy z primární moči v ledvinách a při spouštění sekrece inzulinu. Tento transportér má sice vysokou kapacitu (dokáže přenášet velká množství glukózy), ale nižší afinitu, proto je transport glukózy zprostředkovaný tímto transportérem značně závislý na hodnotě glykémie. (Koolmann & Röhm, 2016, s. 212) Díky této vlastnosti dokážou hepatocyty při zvýšené glykémii glukózu efektivně kumulovat a pankreatické buňky mohou úměrně glykémii zvyšovat sekreci inzulinu. (Holeček, 2016, s. 84)

GLUT 4 je transportérem svalových buněk, adipocytů a buněk myokardu. Funkce tohoto transportéru je regulována inzulinem. GLUT 4 není za normálních podmínek na membráně buňky přítomen a místo toho je uložen v zásobních vezikulech. Po vazbě inzulinu na membránu buňky dochází k uvolňování transportérů, jejich přesunu k membráně a následnému přenosu glukózy do buňky. V případě, že na membránu nepůsobí inzulin, glukóza do buňky vstoupit nemůže (Koolmann & Röhm, 2016, s. 212).

Transportér GLUT 5 zajišťuje především transport fruktózy do buněk tenkého střeva (Baynes & Dominiczak, 2009, s. 118-121).

### **2.3.4 Metabolismus glukózy**

Glukóza slouží organismu jako hlavní zdroj energie. Z toho důvodu disponuje lidské tělo celou řadou mechanismů, jejichž cílem je glukózu využít, převést do zásobní formy a případně ji syntetizovat při nedostatečném alimentárním přísunu. Z glukózy vznikají dvě zásobní formy: glykogen – polysacharid, který je ukládán v játrech a kosterních svalech – a triglyceridy, které tvoří podstatu tukové tkáně. Anaboličké stavy (příjem stravy) aktivují mechanismy zajišťující využití a uložení glukózy do tělesných zásob. Naopak kataboličké stavy (hladovění, fyzická zátěž, stres) aktivují mechanismy zvyšující aktuální zásobu glukózy v krvi (Holeček, 2016, s. 82-106; Murray, Granner, Mayes & Rodwell, 2002, s. 171-178).

Základním procesem metabolizace glukózy je glykolýza. Glukóza je postupně přeměněna až na pyruvát, který je dále oxidován za vzniku makroergní sloučeniny ATP. Pyruvát může být štěpen za přítomnosti, nebo za nepřítomnosti kyslíku. Pokud se pyruvát štěpí za přítomnosti kyslíku (což je mnohem výhodnější, než štěpení bez přítomnosti kyslíku), vzniká z něj acetylkoenzym A (acetylCoA) a vstupuje do citrátového cyklu, který je klíčovým středobodem metabolizace všech živin. Tam se rozloží až na jednotlivé molekuly  $\text{CO}_2$ , které jsou odpadním produktem citrátového cyklu, a energie uvolněná z jeho chemických vazeb je využita k syntéze ATP. ATP je tak konečným produktem rozkladu sacharidů a představuje zásobu pohotové energie pro buněčné děje. Pokud je v organismu příliš velká nabídka sacharidů, využije se přebytek acetylCoA na syntézu mastných kyselin, z nichž se tvoří triglyceridy (tzv. lipogeneze), které jsou ukládány do adipocytů a tvoří tukovou tkáň. Nadměrný příjem glukózy tedy vede ke zvýšené tvorbě



a kumulaci tukové tkáně. Kromě toho metabolizační produkty glukózy slouží také k tvorbě zásobní formy glukózy – glykogenu (Murray et al., 2002, s. 171-178).

Veškerá exogenně (stravou) dodaná glukóza je v těle ihned zpracována a využita. Tento mnohdy nepravidelný přísun by však nezvládl hradit potřebu těch tkání a orgánů, které využívají glukózu jako jediný zdroj energie (nervová tkáň, mozek, ledviny, erytrocyty) a jsou plně závislé na jejím nepřetržitém přísunu – jejich denní potřeba glukózy činí asi 150 g. V časových úsecích mezi jednotlivými příjmy potravy se glukóza do krve uvolňuje glykogenolýzou – rozkladem jaterního glykogenu, jehož zásoba v těle postačuje na cca 24 hodin. V případě dlouhodobého nedostatečného příjmu potravy nebo při patologických stavech získává tělo glukózu metabolickým procesem zvaným glukoneogeneze – syntézou glukózy z prekurzorů (laktátu, některých aminokyselin a glycerolu). Pro tkáně, které nejsou na glukóze výhradně závislé (játra, kosterní svaly) je nedostatek energie hrazen také rozkladem glykogenu nebo mastných kyselin za tvorby ketolátů (Murray et al., 2002, s. 171-178).

Metabolismus glukózy, jejího využití v tkáních a využití zásobních forem ovlivňuje řada hormonů – především inzulin a glukagon (Murray et al., 2002, s. 171-178).

### **2.3.5 Metabolismus fruktózy**

Pro fruktózu v organismu neexistuje podobně efektivní mechanismus vstřebávání jako pro glukózu. Tento monosacharid se ze střeva vstřebává pouze facilitovanou difúzí za pomoci transportéru GLUT 5. Nepřítomnost efektivnějšího mechanismu může být evolučně zapříčiněn malým množstvím fruktózy ve stravě. Původně byly jejími přirozenými zdroji v našich podmínkách pouze ovoce a med, zatímco řepný cukr, který je dnes majoritním zdrojem příjmu fruktózy, se ve stravě objevil až koncem 18. stol. (Holeček, 2016, s. 104)

Po vstupu do jaterní buňky je fruktóza metabolizována odlišným enzymem než glukóza. Tento enzym není regulován inzulinem a započiná řadu reakcí vedoucí až k přeměně fruktózy na glukózu a k jejímu vstupu do glykolýzy. Hlavním místem metabolizace fruktózy jsou játra, avšak okrajově k ní může docházet také ve svalech nebo v tukové tkáni. Jelikož se fruktóza přeměňuje na glukózu až v tkáních, neovlivňuje její přítomnost v krvi hladinu glykémie. Tento fakt má význam při diabetu mellitu, neboť příjem fruktózy u pacientů nezpůsobuje hyperglykémii (Holeček, 2016, s. 104; Murray et al., 2002, s. 171-178)

Jelikož její metabolismus nepodléhá základní regulaci tak jako metabolismus glukózy, představuje fruktóza oproti glukóze rychlejší zdroj energie s větší produkcí ATP. V důsledku toho se v játrech zvyšuje lipogeneze mnohem více než v případě příjmu glukózy (Schaefer, Gleason & Dansinger, 2009). Z fruktózy jsou syntetizovány triglyceridy, z nichž se vytváří lipoproteinové částice VLDL, jejichž hlavním cílem je distribuce nově vzniklých lipidů do organismu. Po splnění účelu (odevzdání triglyceridů cílovým buňkám) se VLDL částice přetváří na další typ lipoproteinových částic LDL, které obsahují velké množství lipidů a cholesterolu a distribuují je dále do periferních tkání.

LDL částice (označované podle jejich majoritní složky též jako LDL cholesterol) jsou významným rizikovým faktorem poškození cévní výstelky. Opačně působí lipoproteinové částice HDL, které obsahují větší množství proteinů a jejich cílem je odstraňovat cholesterol z periferních tkání. Pokud je příjem fruktózy nadměrný, dochází ke zvýšení lipogeneze do takové míry, že nově syntetizované triglyceridy se nestíhají z jater odstraňovat fyziologicky pomocí VLDL částic a dochází k jejich hromadění a zvýšenému uvolňování do krve. Nadměrný příjem fruktózy tedy způsobuje tukovatění jater (hepatosteatózu) a zvýšení sérové koncentrace triglyceridů, VLDL i LDL částic (Johnson et al., 2009; Rutledge & Adeli, 2007). Zdravotní důsledky nadměrného příjmu fruktózy jsou uvedeny v samostatné kapitole.

### **2.3.6 Inzulin**

Hlavním hormonem řídícím využití glukózy v organismu je inzulin. Tento polypeptidický hormon je spolu s dalšími syntetizován v tzv. Langerhansových ostrůvcích, které jsou tvořeny shluky endokrinní tkáně rozptýlené v pankreatu (slinivce břišní). Základní jednotkou této endokrinní tkáně jsou  $\beta$ -buňky (Škrha, 2009).

Z pankreatu je inzulin vylučován do portálního řečiště a po průchodu játry se jeho hladina v krvi snižuje zhruba na polovinu. Z krve je dále eliminován vazbou na receptory cílových tkání a jeho poločas je asi 6 minut. Denní produkce inzulinu u zdravého člověka je 20 – 40 IU. Sekrece inzulinu je dvojího typu – bazální a stimulovaná (prandiální). Bazální sekrece je konstantní, nezávislá na přísunu stravy a funguje i během spánku, inzulin je zde uvolňován pulzně v 5 – 15minutových intervalech. Stimulovaná sekrece následuje po příjmu stravy a normalizuje postprandiální vzestup glykémie. Na normální hladinu se koncentrace inzulinu navrácí asi 2 hodiny po jídle (Pelikánová & Bartoš, 2010).

#### **2.3.6.1 Účinky inzulinu**

Kromě řady účinků na energetický metabolismus má inzulin vliv i na metabolismus všech základních živin, přičemž jeho působení je anabolické. V metabolismu sacharidů několika různými mechanismy maximalizuje utilizaci glukózy přijaté potravou. Přednostně zajišťuje přesun glukózy z krve do inzulin-dependentních tkání (svalů a tukové tkáně) pomocí specializovaného přenašeče GLUT 4. V játrech a svaích stimuluje glykolýzu (štěpení glukózy na acetylCoA) a glykogenezi (syntézu glykogenu) a zároveň inhibuje glykogenolýzu (rozklad glykogenu). V játrech také zvyšuje glukoneogenezi (syntézu glukózy z jiných zdrojů) (Pelikánová, 2010).

Obdobně účinkuje inzulin v metabolismu tuků. V návaznosti na glykolýzu stimuluje syntézu mastných kyselin z acetylCoA a dále i samotnou lipogenezi (tvorbu triglyceridů z mastných kyselin). Zároveň inhibuje oxidaci mastných kyselin a lipolýzu - odbourávání triglyceridů a de facto i tukové tkáně (Murray et al., 2002, s. 208).

V metabolismu sacharidů se uplatňuje i řada dalších hormonů, které v konečném důsledku zvyšují hladinu glykémie, a jedná se tudíž o antagonisty inzulinu. Těmito hormony jsou glukagon, glukokortikoidy, růstový hormon, ale také cytokiny – látky vznikající v organismu v případě zánětu (Holeček, 2016, s. 100).

### **3 ONEMOCNĚNÍ SOUVISEJÍCÍ S METABOLISMEM SACHARIDŮ**

Bakalářská práce blíže pojednává o různých onemocněních, která souvisejí buď s nadměrným příjmem jednoduchých sacharidů, nebo s poruchou jejich metabolismu. Pro větší přehlednost textu jsou tato onemocnění souhrnně označována jako „onemocnění související s metabolismem sacharidů“.

#### **3.1 Onemocnění související s nadměrným příjmem sacharidů**

##### **3.1.1 Fyziologický mechanismus**

Rizika nadbytku sacharidů ve stravě vyplývají z fyziologických zákonitostí funkce lidského metabolismu. V důsledku evolučního adaptačního mechanismu je hlavní úlohou metabolismu všechny sacharidy, jakožto nejdůležitější zdroj energie, beze zbytku využít. Energie získaná štěpením sacharidů se buď ihned využije, nebo uloží do zásoby ve formě tukové tkáně. Přitom platí, že čím složitější je sacharidová molekula, tím déle ji tělo zpracovává. Komplexní sacharidy představují ve stravě hlavní zdroj energie. Jejich trávení a vstřebávání je pomalé a energii z nich získanou zvládá organismus efektivněji využít, neboť její získávání je rozloženo do delšího časového úseku. Oproti tomu jednoduché sacharidy (kterými se z výživového hlediska myslí monosacharidy a disacharidy) jsou vstřebávány mnohem rychleji, neboť nevyžadují téměř žádné štěpení. Příjem většího množství jednoduchých sacharidů znamená velký jednorázový energetický příjem, který není organismem efektivně zpracovatelný – pouze část energie je okamžitě využitelná, zatímco zbytek musí být uložen do zásoby ve formě tukové tkáně. Hlavním důsledkem hromadění tukové tkáně je vznik nadváhy a obezity a s nimi spojených zdravotních důsledků (Holeček, 2016, s. 223-225; Obesity, 2013; Svačina, 2006, s. 103-125).

Jednoduché sacharidy by měly tvořit maximálně 10 % denního energetického příjmu (Havlík & Marounek, 2012, s. 100), avšak ve stravě populací vyspělých zemí je jejich podíl vyšší kvůli zvýšené konzumaci průmyslově zpracovaných a doslazovaných potravin. Bray, Nielsen & Popkin (2004) upozorňují, že hlavním v současné době používaným sladidlem je glukózo-fruktózový sirup. Jeho konzumace se za posledních 30 let zvýšila více než 10x a odhadem může představovat přes 15 % denního energetického příjmu. Oproti tomu, při konzumaci přirozených zdrojů jednoduchých sacharidů, zejména ovoce, nadměrný příjem jednoduchých sacharidů nehrozí.

Zvláštní postavení v problematice nadměrného příjmu sacharidů zaujímá fruktóza. Jak již bylo řečeno, důsledkem její nadměrné konzumace je zvýšená míra lipogeneze, syntézy volných triglyceridů a potažmo i LDL lipidových částic. Podle Sánchez-Lozada, Le, Segal & Johnson (2008) je hranice bezpečného denního příjmu fruktózy, pod níž se neprojeví nepříznivé účinky zvýšené tvorby triglyceridů, 25 – 40 g. Braden (2009) oproti tomu uvádí, že zatímco běžný denní příjem fruktózy se pohybuje asi okolo 16 g, u osob konzumujících potraviny s přidaným cukrem může být až 100 g. Vyšší

konzumace fruktózy prokazatelně zvyšuje hladinu krevních triglyceridů a vzniká tzv. hypertriglyceridémie. Podle Peng, Luo, Ruan, Peng, Li (2017) tento stav souvisí se zvýšením rizika rozvoje aterosklerózy a následně kardiovaskulárních chorob. Pánek, Pokorný, Dostálová & Kohout (2002, s. 72) také upozorňují, že fruktóza (a potažmo tedy i sacharóza) nepůsobí na regulační mechanismy tlumící pocit hladu, což může vést k nadbytečnému příjmu energie. Totéž uvádí i Sánchez-Lozada et al. (2008) s tím, že glukóza stimuluje uvolňování inzulínu, s jehož zvyšující se hladinou vzrůstá také hladina leptinu – hormonu, který je produkován tukovou tkání a tlumí příjem stravy. Jelikož fruktóza neovlivňuje hladinu inzulínu, přeneseně také nepůsobí tlumícím efektem na příjem stravy, což se projeví zvýšenou chutí k jídlu, a tedy i zvýšeným energetickým příjmem. Autoři upozorňují, že chronicky zvýšený příjem fruktózy může být příčinou leptinové rezistence, která je patogenetickým mechanismem vzniku obezity.

Souhrnem lze uvést, že nadměrný příjem jednoduchých sacharidů může vést ke vzniku obezity a aterosklerózy. V obou případech se však jedná pouze o vedlejší rizikový faktor.

### **3.1.2 Obezita**

Obecně je obezita definována hodnotou BMI  $\geq 30$  s přihlédnutím k obvodu pasu, který odráží míru metabolického rizika. Za hranici vysokého rizika metabolických komplikací je považován obvod pasu více než 102 cm u mužů a více než 88 cm u žen (Zlatohlávek, 2017b). Zvýšený obvod pasu poukazuje na obezitu abdominální (tzv. centrálního typu), kdy dochází k hromadění tukové tkáně ve vnitřní oblasti břicha (viscerálně). Na rozdíl od tukové tkáně kumulované v podkoží je viscerální tuková tkáň metabolicky aktivní a zvyšuje tudíž riziko metabolických komplikací. Obezita se rozvíjí na základě genetické predispozice, avšak bezprostřední příčinou jejího vzniku je nedostatek pohybové aktivity spojený s nadměrným energetickým příjmem, který je často důsledkem nadbytečné konzumace jednoduchých sacharidů (Bray, Nielsen & Popkin et al., 2004).

#### **3.1.2.1 Komplikace obezity**

Obezita způsobuje především komplikace mechanické a metabolické. Z mechanických komplikací se jedná o nadměrné zatěžování a opotřebovávání muskuloskeletárního systému. Metabolické komplikace jsou charakterizovány zejména rozvojem dyslipidémie, metabolického syndromu a vznikem endokrinologických poruch, jako je diabetes mellitus nebo poruchy sexuálních a pohlavních funkcí. Rovněž se zvyšuje riziko rozvoje kardiovaskulárních chorob, onkologických onemocnění a orgánových poškození – hlavně jater, žlučníku nebo kůže. Neméně významné jsou rozsáhlé poruchy tělesných funkcí, obstrukční spánková apnoe a jiné poruchy dýchání, psychické problémy (deprese nebo úzkosti), poruchy hybnosti, zvýšené riziko pooperačních komplikací apod. (Lebl et al., 2016, s. 517-518; Svačina, 2006, s. 103-125; Zlatohlávek, 2017b). V současné době se především ve vyspělých zemích prevalence obezity rapidně zvyšuje a vzhledem k jejím zdravotním důsledkům může být považována za jednu z nejčastějších příčin úmrtí ve vyspělém světě (Obesity, 2013). V České republice

trpí obezitou 23 % dospělé populace a dalších 34 % má nadváhu (Zlatohlávek, 2017b). Prevence obezity by tudíž znamenala významné snížení počtu předčasných úmrtí.

### **3.1.2.2 Léčba obezity**

Léčba obezity je obtížná a komplexní záležitost zahrnující především terapii regulovanou stravou a pohybovou aktivitu. Základ léčby tvoří redukční dieta, která by měla být individualizovaná a na začátku by měla odpovídat snížení běžného energetického příjmu konkrétního jedince o 15 %. Dieta významně omezuje příjem sacharidů a tuků a zvyšuje podíl vlákniny. Vylučuje ze stravy především potraviny s vysokým obsahem energie (hlavně tučné a sladké potraviny) a nahrazuje je objemnými potravinami s nízkým obsahem energie (jako je zelenina, ovoce, luštěniny nebo nízkotučné potraviny). Pokud klasická redukční dieta nevede k hmotnostnímu úbytku, je možné zavést na omezenou dobu nízkokalorické diety, u nichž energetický příjem nepřesahuje 1000 kcal (4200 kJ). Ty jsou vhodné buď pro rychlý hmotnostní úbytek (žádoucí především před chirurgickými výkony), nebo spolu se zavedením pohybové aktivity pro zvýšení úrovně bazálního metabolismu. Pro úspěšnost léčby je zcela nezbytné zvýšení energetického výdeje zavedením vhodné pohybové aktivity, která bude pravidelná, aerobního charakteru a střední intenzity. Léčba může být doplněna farmakoterapií (zaměřenou na snížení chuti k jídlu), psychoterapií (predevším kognitivně-behaviorální terapií) a bariatrickými zákroky (chirurgické výkony cílené na omezení příjmu nebo vstřebávání živin) (Obesity, 2013; Matoulek & Sadílková, 2016).

### **3.1.3 Dyslipidémie**

Dyslipidémie představují heterogenní skupinu metabolických onemocnění charakterizovaných poruchou lipidového profilu. Mezi základní parametry patří zvýšení hladiny celkového cholesterolu (nad 5 mmol/l), LDL cholesterolu (nad 3 mmol/l) a zvýšení triglyceridů (nad 2 mmol/l). Ty se mohou vyskytovat izolovaně, nebo v kombinaci a jsou důsledkem buď zvýšené syntézy lipidů, nebo jejich sníženého katabolismu. Etiologicky mohou být dyslipidémie původu primárního vznikající v důsledku genetické predispozice, nebo sekundárního jako důsledek jiného onemocnění. Na manifestaci dyslipidémie se různou měrou podílí řada rizikových faktorů – především nedostatek pohybu, obezita, nevhodné stravování a kouření. Zatímco vrozené dyslipidémie se vyskytují asi u 2 % populace, sekundární dyslipidémie může vzniknout až u 50 % populace. Klasifikace tohoto onemocnění rozlišuje tři typy onemocnění: izolovanou hypercholesterolémií, izolovanou hypertriglyceridémií a kombinovanou hyperlipidémií. U prvního jmenovaného typu je zvýšen celkový cholesterol, zejména pak jeho LDL frakce, u druhého jmenovaného typu se zvyšují pouze triglyceridy a poslední typ je kombinací zvýšeného celkového cholesterolu i triglyceridů (Karásek & Vavřková, 2011).

Dyslipidémie jsou rizikovým faktorem aterosklerózy a následně kardiovaskulárních onemocnění. Komplexní léčba tudíž může významně snižovat riziko úmrtí na tyto komplikace. V léčbě dyslipidemií je kladen důraz na zavedení dietních opatření, pohybové aktivity a režimových změn. Z dietních opatření se jedná především o snížení příjmu nasycených mastných kyselin z živočišných tuků a naopak zvýšení příjmu nenasycených

masných kyselin z rostlinných olejů a rybího tuku. Pohybová aktivita by měla být ideálně střední intenzity a pravidelná (cca 45 min 3 – 4x týdně). K režimovým opatřením patří zanechání kouření, snížení příjmu alkoholu a omezení stresu. U těžších případů onemocnění jsou uvedená opatření doplněna farmakoterapií (Zlatohlávek, 2017a).

### **3.1.4 Ateroskleróza**

Pokud se ve vnitřní výstelce cév začnou hromadit lipidy a cholesterol, vzniká v daném místě cévní stěny zánětlivé ložisko, které cévu poškozuje. Tento stav se nazývá ateroskleróza. Při progresi dochází v zanícené tkáni ke kumulaci dalších krevních komponentů, makrofágů a fibrózní tkáně, čímž se vytváří aterosklerotický plát, který způsobuje zúžení vnitřního prostoru cévy. V další fázi může dojít k prasknutí plátu, jeho povrch se stává smáčivým a v důsledku nahromadění krevních elementů se nad ním může vytvořit trombus (sraženina), který může způsobit až uzávěr (obliteraci) cévy. Ateroskleróza je příčinou řady kardiovaskulárních chorob, především ischemické choroby srdeční, ischemické choroby dolních končetin, infarktu myokardu, cévní mozkové příhody nebo plicní embolie (Atherosclerosis, 2014). Kardiovaskulární choroby tvoří jednu z nejčastějších příčin úmrtí především ve vyspělých zemích (Peng et al., 2017) a jsou hlavní příčinou úmrtí v České republice (ÚZIS, 2016).

#### **3.1.4.1 Rizikové faktory aterosklerózy**

Hlavními rizikovými faktory aterosklerózy jsou dyslipidémie (především nadměrné množství LDL cholesterolu), hypertenze, kouření, obezita, diabetes mellitus a nedostatek pohybové aktivity. Významnou roli hrají také faktory neovlivnitelné – genetické predispozice, věk a pohlaví (Zlatohlávek, 2017a). Peng et al. (2017) upozorňují, že vedle hlavního rizikového faktoru – hladiny LDL cholesterolu – hraje významnou roli také množství triglyceridů v krvi. Ty jsou sice přenášeny krví ve formě jiných částic (jako součást VLDL částic), ale stejně jako LDL částice mohou infiltrovat poškozenou cévní stěnu. Autoři poukazují na výsledky klinických studií, podle kterých pacienti, kteří dietou dosáhli významného snížení pouze LDL cholesterolu (až na úroveň doporučené hodnoty pro zdravou populaci), měli stále vyšší riziko komplikací než pacienti, kteří kromě LDL cholesterolu dosáhli také limitní hladiny triglyceridů. Doporučují tudíž, aby dalším terapeutickým cílem vedle snižování hladiny LDL cholesterolu bylo také snižování hladiny triglyceridů.

#### **3.1.4.2 Léčba aterosklerózy**

Léčba aterosklerózy (stejně jako její prevence) spočívá v omezení rizikových faktorů. Základ tvoří strava pro zlepšení lipidového krevního profilu – s omezením nasycených tuků, cholesterolu a trans masných kyselin a s dostatkem nenasycených masných kyselin a vlákniny. Zvýšení pohybové aktivity a zanechání kouření by mělo být pro pacienty samozřejmostí. Nedílnou součástí terapie tvoří léčba vzniklých komplikací. Z léčiv se podávají látky trombolytické na zlepšení průchodnosti cév, látky na snížení LDL cholesterolu nebo látky na podporu krevní cirkulace v zúžených cévách. Cévu po obliteraci (ale také před tím, než k ní dojde) lze chirurgicky zprůchodnit roztažením pomocí katetru, nebo zavedením mechanické výstuhy cévy – stentu (Atherosclerosis, 2014).

## **3.2 Vybraná onemocnění související s metabolismem sacharidů**

S poruchami metabolismu sacharidů souvisí velké množství různých typů onemocnění. Metabolismus sacharidů může být porušen na úrovni štěpení, vstřebávání, transportu nebo zpracování. Nejčastější poruchou štěpení je laktózová intolerance (porucha štěpení mléčného cukru – laktózy). Poruchy vstřebávání souvisejí nejčastěji s fruktózou, např. fruktózová malabsorpce a syndrom dráždivého tračníku. Poruchy metabolismu ve fázi zpracování jsou závažná většinou vrozená onemocnění, u kterých zpravidla dochází ke vzniku a hromadění nefunkčních až toxických produktů. Nejsou-li tato onemocnění včas rozpoznána, způsobují rozsáhlé poškození organismu až smrt. Do této skupiny patří galaktosémie (porucha metabolismu galaktózy), hereditární fruktózová intolerance (porucha metabolismu fruktózy), glykogenóza (porucha metabolismu glykogenu) nebo mukopolysacharidóza (porucha metabolismu glukosaminů) (Vokurka, 2000).

Vzhledem k zaměření bakalářské práce budou blíže popsány onemocnění související s poruchou metabolismu fruktózy a glukózy.

## **3.3 Onemocnění související s metabolismem fruktózy**

### **3.3.1 Hereditární fruktózová intolerance**

Hereditární fruktózová intolerance, nebo též fruktosémie, je vrozené dědičné onemocnění podmíněné nedostatkem enzymu metabolizujícího fruktózu. V důsledku poruchy dochází v játrech k hromadění fosforylované fruktózy, která aktivně blokuje glykogenolýzu a glukoneogenezi a vyvolává tak hypoglykémii. Onemocnění se projevuje poprvé ve chvíli, kdy je do stravy zaveden libovolný zdroj fruktózy (např. ovoce). Po jeho požití se objevuje nevolnost, zvracení, pocení, třes a v důsledku vznikající hypoglykémie i kóma. Pokud není intolerance diagnostikována, může přecházet do chronicity a způsobit až selhání jater a ledvin. Jedinou terapií je dietní vyloučení fruktózy a sacharózy (Medicabaze.cz, 2007).

### **3.3.2 Fruktózová malabsorpce**

Defekt transportního mechanismu fruktózy pomocí přenašeče GLUT 5 ve střevě bývá označován jako fruktózová malabsorpce. Klinicky se toto onemocnění vyznačuje gastrointestinálními obtížemi, jako jsou bolesti břicha, průjem a plynatost. Ty jsou způsobeny přestupem nevstřebané fruktózy do tlustého střeva, která zde je bakteriálně fermentována (Suková, 2005). Tento stav však může nastat i fyziologicky, pokud množství fruktózy ve stravě překročí absorpční kapacitu střevní sliznice. Čistá fruktóza je obtížně absorbována, její malabsorpce se objevuje v 50 % případů při podání 25 g čisté fruktózy a až v 80 % případů při podání 50 g čisté fruktózy. Absorpce fruktózy ze střeva je však značně ovlivněna přítomností glukózy, neboť její přítomnost stimuluje alternativní transport fruktózy přenašečem GLUT 2. Pokud je koncentrace glukózy vůči fruktóze vyšší nebo stejná (jako je tomu např. v sacharóze), je fruktóza plně absorbována a nezpůsobuje tedy gastrointestinální obtíže (Barrett & Gibson, 2007).

Podle autorů Latulippe & Skoog (2011) incidence fruktózové malabsorpce za posledních 30 let vzrostla, což může souviset se stále se zvyšující konzumací fruktózy.

### **3.3.3 Syndrom dráždivého tračníku**

Syndrom dráždivého tračníku označuje onemocnění projevující se břišním dyskomfortem, pro který neexistuje organický podklad. Zahrnuje především bolesti břicha, průjem či zácpu a nadýmání (Křížová, 2016). Onemocnění je způsobeno kombinací endogenních i exogenních podnětů, z vnitřních faktorů jsou nejvýznamnější změny střevní motility, gastrointestinální hypersenzitivita a psychický stres, z vnějších faktorů pak složení stravy. Onemocnění se typicky projevuje břišním dyskomfortem po příjmu některých typů potravin. Tolerance jednotlivých typů potravin je značně individuální, ale obecně jsou problematické především tučné a smažené pokrmy, mléčné produkty, alkoholické a kofeinové nápoje, luštěniny a některé druhy zeleniny a ovoce. Hlavním léčebným přístupem u tohoto onemocnění je tedy úprava životosprávy a individualizovaná dieta se sníženým obsahem dráždivých potravin (Irritable Bowel Syndrome, 2013). Jednou z příčin špatné tolerance těchto potravin jsou tzv. FODMAP – fermentovatelné sacharidy s krátkým řetězcem, jako je fruktóza nebo různé oligosacharidy. Tyto látky jsou pro tělo obtížně vstřebatelné, jsou rychle fermentovány bakteriemi trávicího traktu a jsou osmoticky aktivní. Jejich přítomnost ve stravě běžně nijak neovlivňuje činnost gastrointestinálního traktu, nicméně u citlivých jedinců se syndromem dráždivého tračníku, jsou tyto látky ve stravě nežádoucí, neboť zhoršují symptomy onemocnění. FODMAP látky mají především povahu obtížně vstřebatelných oligosacharidů, ale zároveň se do této skupiny řadí také fruktóza. Z tohoto důvodu je příjem čisté fruktózy u citlivých jedinců vysoce nežádoucí, avšak klinické obtíže mohou být do značné míry eliminovány současným příjmem glukózy (Barrett & Gibson, 2007).

## **3.4 Onemocnění související s metabolismem glukózy**

Metabolismus glukózy bývá nejčastěji narušen v oblasti regulace, v důsledku čehož vzniká porucha glukózové homeostázy. Tu mohou způsobit dva základní mechanismy: nedostatek inzulínu a nedostatečná reakce organismu na inzulín (tzv. inzulínová rezistence). V důsledku nedostatku inzulínu vzniká diabetes mellitus 1. typu, zatímco inzulínová rezistence vyvolává hlavně diabetes mellitus 2. typu a je také jedním z faktorů způsobujících metabolický syndrom.

### **3.4.1 Nedostatek inzulínu**

Nedostatek inzulínu je důsledkem ztráty jeho produkce, ke které dochází při autoimunitním poškození či destrukci  $\beta$ -buněk pankreatu. Tato porucha vzniká typicky v nízkém věku a může být způsobena několika faktory. Samotná autoimunitní reakce je geneticky predisponována, avšak manifestuje se až působením rizikových faktorů. Těmi mohou být některé virové infekce, chemické látky a toxiny, ale také dietní faktory (Nečas & Šulc, 2006). Některé studie uvádí, že v patogenezi autoimunitní destrukce  $\beta$ -buněk



pankreatu působí negativně časné zavedení mléčného kaseinu do stravy kojenců a naopak protektivní vliv má delší doba kojení. Tyto závěry jsou rovněž podporovány zjištěním, že vyšší konzumace kravského mléka a kratší průměrná doba kojení v populaci koreluje s vyšší prevalencí diabetu mellitu 1. typu, který vzniká právě v důsledku autoimunitního poškození  $\beta$ -buněk pankreatu (Svačina, 2016b).

### 3.4.2 Inzulinová rezistence

Termín inzulinová rezistence (neboli inzulinorezistence) označuje stav, kdy produkce (a tedy i plazmatická koncentrace inzulinu) jsou normální nebo zvýšené, avšak citlivost buněk na inzulin je snížena. Mechanismus rozvoje inzulinorezistence není zcela známý, uvažuje se o různých příčinách vzniku. Podle Holečka (2016, s. 225) pravděpodobně souvisí s protrahovanou hyperlipidémií, která zhoršuje utilizaci glukózy. Svačina (2006, s. 39) uvádí jako možné příčiny toxické působení zvýšené plazmatické koncentrace glukózy či lipidů, poruchu transportu glukózy do  $\beta$ -buněk pankreatu, vyčerpání  $\beta$ -buněk nebo inzulinorezistenci  $\beta$ -buněk, kdy vyplavený inzulin zpětně nestimuluje svou další produkci. Chakraborty, Bhattacharyya & Banerjee (2017) upozorňují, že inzulinorezistence se vyvíjí na podkladě zánětlivé reakce provokované aktivací zánětlivých cytokinů. Za jednu z možných příčin vzniku této zánětlivé reakce označují infekci. Piťhová (2008) rovněž označuje za příčinu vzniku inzulinorezistence zánětlivé procesy vyvolané cytokiny. Jejich vznik však nevysvětluje působením infekce, ale jako důsledek volných mastných kyselin, které se při zvýšené plazmatické koncentraci hromadí ve svalích, játrech, tepnách a pankreatu. Z toho tudíž vyplývá, že příčinou inzulinorezistence může být obezita. Zvýšené množství cytokinů a zánětlivých procesů obecně souvisí se zvětšeným množstvím viscerální tukové tkáně, ke které typicky dochází u abdominálního typu obezity. Také Svačina (2006, s. 211-218) označuje abdominální obezitu spolu s nedostatkem fyzické aktivity za rizikový faktor vzniku inzulinorezistence a poukazuje na fakt, že pohybová aktivita vede ke zlepšení stavu. Totéž uvádějí i Janíčková-Žďárská & Kvapil (2017, s. 25) ovšem předpokládají, že inzulinorezistence se rozvíjí především na podkladě dědičné vlohy.

Kvůli velkému množství účinků inzulinu na metabolismus, je inzulinorezistencí postižen kromě metabolismu glukózy i metabolismus tuků a bílkovin. Prvním porušeným dějem je přesun glukózy v krvi do buněk inzulin-dependentních tkání (játra, tuková tkáň, svaly). Zároveň dochází ke zvyšování jaterní glukoneogeneze, kterou za normálního stavu inzulin tlumí. Oba uvedené děje vedou k hyperglykémii, která, trvá-li dlouho, způsobuje rozsáhlé změny v tělesných tkáních, a bývá proto označována jako glukotoxicita. Rezistence vůči inzulinu v tukové tkáni zvyšuje míru lipolýzy (která je též za normálního stavu inzulinem tlumena), což vede k nadměrnému uvolňování mastných kyselin do krevního oběhu. Dlouhodobě zvýšené množství volných mastných kyselin (označované jako lipotoxicita) aktivuje jednak proces aterosklerózy, a také způsobuje postupnou infiltraci svalových, jaterních a pankreatických buněk volnými mastnými kyselinami. V důsledku toho dochází k postupnému selhávání a úbytku buněk a v případě  $\beta$ -buněk také ke snižování produkce inzulinu (Piťhová, 2008).

Inzulinorezistence má tudíž závažné zdravotní dopady. Je podkladem vzniku diabetu 2. typu, metabolického syndromu, ale také aterosklerózy a ischemické choroby srdeční (Holeček, 2016, s. 225). Terapií inzulinorezistence jsou režimová opatření pro snížení tělesné hmotnosti (dieta, pohybová aktivita) a farmakoterapie. Úprava stravy je zaměřena dvěma směry: na omezení potřeby inzulinu a na zvyšování jeho sekrece. Sníženou potřebu inzulinu zajišťuje strava s nižším glykemickým indexem, jejíž podstatu tvoří potraviny s obsahem komplexních sacharidů a dostatkem vlákniny. Naopak je třeba omezovat potraviny s vysokým obsahem jednoduchých a přidaných sacharidů. Zvýšení sekrece inzulinu lze dosáhnout snížením inzulinorezistence (Stöppler, 2018), čemuž pomáhá strava s vyšším obsahem nenasycených mastných kyselin a s nízkým obsahem nasycených a trans mastných kyselin. Tyto látky zvyšují hladinu krevních lipidů, působí v buňkách lipotoxicky a tím inzulinorezistenci přímo zhoršují (Holeček, 2016, s. 225). Rutledge & Adeli (2007) také upozorňují na negativní vliv fruktózy ve stravě, která je příčinou nadměrné tvorby lipidů a její zvýšený příjem může inzulinorezistenci zhoršovat. Doporučují proto fruktózu ve stravě eliminovat. Nezbytným doplněním diety je zvýšení pohybové aktivity, která prokazatelně inzulinorezistenci zlepšuje (Janíčková-Žďárská & Kvapil, 2017, s. 133). Hlavním léčivem pro terapii inzulinorezistence je metformin, který mimo jiné zvyšuje citlivost tělesných tkání k inzulinu. Okrajovou možností v terapii inzulinorezistence je také bariatrická operace (Olatunbosun, 2017).

### 3.4.3 Metabolický syndrom

Termín metabolický syndrom (též Reavenův, nebo syndrom X) označuje komplex více onemocnění, jejichž hlavním patofyziologickým podkladem je inzulinorezistence. Ta je spojena s hyperglykemií, dyslipidemií (hlavně hypertriglyceridemií) a s arteriální hypertenzí. Hlavním rizikovým faktorem inzulinorezistence, a tedy i metabolického syndromu, je abdominální obezita a s ní související životní styl s nadměrným energetickým příjmem a nedostatkem pohybu (Svačina, 2010, s. 120-123.)

Definice a diagnostická kritéria tohoto onemocnění nejsou jednotná a neustále se vyvíjejí. Podle obecných zásad je metabolický syndrom diagnostikován, pokud pacient splňuje minimálně 3 z 5 kritérií uvedených v tabulce č. 2 (Zlatohlávek, 2017b.).

**Tabulka č. 2.** Diagnostická kritéria metabolického syndromu

kritérium	muži	ženy
obvod pasu	> 94 cm (zvýšené riziko) > 102 cm (vysoké riziko)	> 80 cm (zvýšené riziko) > 88 cm (vysoké riziko)
HDL cholesterol	< 1,0 mmol/l	< 1,3 mmol/l
triglyceridy	> 1,7 mmol/l nebo farmakoterapie	> 1,7 mmol/l nebo farmakoterapie
krevní tlak	> 130/85 mm Hg nebo farmakoterapie	> 130/85 mm Hg nebo farmakoterapie
glykémie	> 5,6 mmol/l nebo farmakoterapie	> 5,6 mmol/l nebo farmakoterapie

zdroj: Zlatohlávek, 2017b

Metabolickým syndromem trpí odhadem asi 20 – 30 % dospělé světové populace (Zlatohlávek, 2017b), avšak v závislosti na diagnostických kritériích to může být až 60 % především věkově starší populace (Svačina, 2006, s. 22). Syndrom zahrnuje celou řadu zdravotních komplikací a významně zvyšuje riziko dalších komorbidit: kardiovaskulárních chorob, diabetu mellitu 2. typu, kolorektálního karcinomu, selhání ledvin nebo nealkoholické jaterní steatózy. Dále bývá doprovázen vznikem systémového zánětu, poruchou fibrinolýzy, sterilitou, depresemi nebo syndromem spánkové apnoe (Svačina, 2010, s. 120-123.).

Terapeutický přístup spočívá v redukci hmotnosti, úpravě stravy, zavedení pohybové aktivity a farmakoterapii komorbidit (zejména hypertenze a aterosklerózy) (Metabolic syndrome, 2013). Úprava stravy se týká především kompenzace obezity a případně diabetu. U obézního pacienta je hlavním cílem hmotnostní úbytek, strava má proto redukční charakter. Kromě sníženého energetického příjmu je třeba příjem stravy rovnoměrně rozložit do celého dne, omezit příjem živočišných a nasycených tuků, soli a vysokoenergetických potravin a nápojů (Svačina, 2006, s. 115).

### **3.4.4 Diabetes mellitus**

Diabetes mellitus je onemocnění nevyléčitelné, spojené se značným množstvím komorbidit a zdravotních následků a významně snižující kvalitu a délku života. Spadá do skupiny poruch glukózové homeostázy a jeho hlavním charakteristickým rysem je hyperglykémie (Peruščíková, 2009). Ta se rozvíjí v důsledku neodstraňování glukózy z krve buď kvůli nedostatku inzulinu, nebo z důvodu inzulinorezistence. Typickými příznaky diabetu mellitu (resp. chronické hyperglykémie) je dehydratace, žízeň, polydipsie a polyurie, ale také hubnutí, únava a slabost (Křížová, 2017). Dle etiologického členění lze rozlišit více typů diabetu mellitu (Peruščíková, 2009).

#### **3.4.4.1 Typy diabetu**

Diabetes 1. typu je autoimunitního původu, kdy v důsledku poškození či destrukce  $\beta$ -buněk pankreatu vzniká nedostatek inzulinu. Reakce tkání na inzulin zůstává zachována, a proto lze pacienty léčit soustavným doživotním podáváním inzulinu. Tento typ bývá proto označován jako inzulin-dependentní, nebo také juvenilní, neboť typicky vzniká v nízkém věku (Holeček, 2016, s. 228).

Diabetes 2. typu se vyskytuje mnohem častěji (tvoří až 92 % všech případů diabetu) (Křížová, 2017) a typicky souvisí s obezitou či metabolickým syndromem. Vzniká kombinací dvou faktorů – inzulinovou rezistencí a nedostatkem inzulinu v důsledku jeho snížené produkce. Bývá proto označován také jako non-inzulin-dependentní, neboť na terapii inzulinem pacienti běžně reagují málo, nebo vůbec (Holeček, 2016, s. 230). Rizikovými faktory vzniku diabetu 2. typu jsou genetické predispozice a vnější faktory, především přítomnost abdominální obezity a složek metabolického syndromu, dále věk, nevhodná strava s vysokým zastoupením živočišných tuků, nízká fyzická aktivita nebo kouření. Onemocnění vzniká typicky ve vyšším věku, ovšem v dnešní době se rapidně zvyšuje prevalence i v mladších věkových skupinách (zejména v adolescenci) (Peruščíková, 2009). Předstupeň diabetu 2. typu se označuje jako prediabetes. V této fázi

onemocnění je porucha glukózové homeostázy hraniční a při včasné intervenci spočívající v dietních opatřeních a zvýšení fyzické aktivity, může být rozvoj diabetu 2. typu značně oddálen (Česká diabetická společnost, 2012).

Gestační diabetes vzniká v těhotenství v důsledku inzulinové rezistence způsobené hormony produkovanými placentou. Nastává častěji u žen s nadváhou nebo obezitou, u žen starších 25 let a u žen s historií gestačního diabetu v předchozích těhotenstvích. Po ukončení těhotenství diabetes mizí, avšak zvyšuje riziko rozvoje diabetu 2. typu v pozdějším životě. Nediagnostikovaný a neléčený gestační diabetes představuje u plodu riziko hypertrofie, nevyvinutých plic, a také přináší řadu poporodních komplikací, např. novorozeneckou hypoglykémii. Z tohoto důvodu se u těhotných žen provádí screeningové vyšetření. Gestační diabetes lze léčit dietou a v těžších případech podáváním inzulinu (Křížová, 2017).

#### 3.4.4.2 Diagnostika diabetu

Diagnostika se standardně provádí pomocí orálního glukózového tolerančního testu (oGTT), kdy je sledována glykémie nalačno a 2 hodiny po podání 75 g glukózy (Křížová, 2017). Diagnostická kritéria pro prediabetes a diabetes jsou, spolu s hodnotami pro fyziologický stav, uvedeny v tabulce č. 3.

**Tabulka č. 3.** Diagnostická kritéria prediabetu a diabetu mellitu.

Diagnóza	Glykémie (mmol/l)
<b>Normální glukózová tolerance</b>	
nalačno	3,9 – 5,5
ve 120. minutě oGTT	< 7,8
<b>Porušená glukózová tolerance (prediabetes)</b>	
nalačno	5,6 – 6,9
ve 120. minutě oGTT	7,8 – 11,1
<b>Diabetes mellitus</b>	
nalačno	≥ 7,0
ve 120. minutě oGTT	≥ 11,1

zdroj: Křížová, 2017

#### 3.4.4.3 Komplikace diabetu

Rozvoj komplikací diabetu značně závisí na dodržování léčby pacientem a na úrovni kompenzace onemocnění, která je daná úspěšností léčebných opatření. Akutně může život diabetika ohrožovat hypoglykémie (především v důsledku nesprávné aplikace inzulinu) nebo ketoacidóza. Při ní dochází k poruše acidobazické rovnováhy v důsledku nadměrné tvorby ketolátů, které vznikají při nedostatku glukózy v tkáních. Chronicky se v důsledku hyperglykémie rozvíjí celá řada poruch, jejichž patofyziologickým podkladem je ve většině případů poškození funkce cév. Častými komplikacemi je poškození ledvin vedoucí až k renálnímu selhání, postižení zraku včetně vzniku slepoty, rozsáhlé nervové poškození způsobující poruchy funkce kosterní, hladké i srdeční svaloviny nebo poškození velkých cév mající charakter aterosklerózy a zvyšující riziko kardiovaskulárních onemocnění. Kromě toho je diabetes doprovázen zvýšenou náchylností k infekcím, poruchou sexuálních funkcí a zvýšeným rizikem některých nádorových onemocnění.

Kombinací několika různých faktorů dochází také ke vzniku typické komplikace - syndromu diabetické nohy. Ten je způsoben poraněním končetiny a rozvojem infekce, kdy v důsledku poruchy inervace a prokrvení distálních částí dolní končetiny dochází v místě poranění ke vzniku nekrózy (Diabetes mellitus, 2013; Křížová, 2017; Janíčková-Žďárská & Kvapil, 2017, s. 71-95; Svačina, 2010, s. 98-117).

#### **3.4.4.4 Terapie diabetu**

Cílem terapie je normalizovat hladinu glykémie a korigovat další metabolické odchylky. Pro minimalizaci zdravotních následků je nezbytná komplexní léčba vlastního onemocnění i přidružených komorbidit. Ta se opírá o 3 základní pilíře: dietu, pohybovou aktivitu a farmakoterapii. V rámci farmakoterapie jsou diabetikům 2. typu podávána léčiva pro korekci hyperglykémie, zatímco diabetici 1. typu jsou léčeni inzulinem. Pohybová aktivita má větší význam při kompenzaci diabetu 2. typu, neboť snižuje inzulinovou rezistenci, má pozitivní vliv na hypertenzi, snižuje podíl tělesného tuku a zlepšuje krevní lipidový profil. Navíc představuje účinný nástroj pro snížení nadměrné tělesné hmotnosti a její udržení na optimální hladině (Křížová, 2017)

##### **3.4.4.4.1 Dieta**

Strava diabetiků by měla respektovat určitá doporučení. Denní příjem sacharidů by měl být hrazen hlavně komplexními sacharidy s dostatkem vlákniny a nižším glykemickým indexem ideálně pod 55 (viz dále). Omezovány by měly být zdroje nasycených tuků, trans mastných kyselin a cholesterolu, neboť tyto látky zvyšují inzulinorezistenci tkání, množství krevních lipidů a zhoršují aterosklerózu, na jejímž podkladě vznikají vážné chronické komplikace (Křížová, 2016; Holeček, 2016, s. 225). Diabetikům není doporučován příjem tzv. „dia potravin“, které sice neobsahují glukózu, ale jsou zdrojem náhradních sladidel a často mají vysoký obsah energie a tuků. Nepředstavují tedy zdravější alternativu běžných potravin a navíc jejich označení může vyvolávat mylný dojem, že mohou být konzumovány v libovolném množství (Janíčková-Žďárská & Kvapil, 2017, s. 132-133).

Pro diabetiky 1. typu se plán příjmu stravy řídí aplikací inzulinu. Běžně bývá rozdělen na 6 jídel v pravidelných časových intervalech a jeho dodržování je důležité pro minimalizaci nežádoucích účinků aplikace inzulinu (hlavně rizika hypoglykémie). Pro co nejpřesnější odhad aplikační dávky inzulinu se pacient učí pracovat se sacharidovými výměnnými jednotkami. Ty udávají přesné dávky potravin obsahující ekvivalent 10 g sacharidů. S dodržováním regulované stravy je neodmyslitelně spojen pravidelný selfmonitoring glykémie prováděný pacientem 3 – 5krát denně před hlavními jídly dne (Lebl et al., 2016, s. 452-455; Svačina, 2010, s. 31-33)

Dieta pro diabetes 2. typu má v naprosté většině případů charakter redukční diety, neboť většina pacientů je zároveň obézní. Česká diabetologická společnost pacientům doporučuje redukční dietu s nízkým energetickým příjmem 1100 – 1600 kcal (Česká diabetická společnost, 2012). Matoulek & Daňková (2016) však upozorňují, že takto nastavená dieta je energeticky nedostatečná pro naprostou většinu pacientů, neboť se pohybuje pod úrovní bazálního metabolismu. Místo toho doporučuje nastavit redukční

dietu podle běžného energetického příjmu pacienta. Vhodné je začít se snížením energetického příjmu o 10 %, aby hmotnostní úbytek nebyl příliš rychlý.

Pro posouzení vhodnosti potravin pro diabetiky může sloužit tzv. glykemický index potravin (GI). Tato veličina vyjadřuje účinek konzumované potraviny na vzestup hladiny glykémie v porovnání s 50 g glukózy. Výchozí hodnotou referenční potraviny je 100. Čím je hodnota GI nižší, tím se sacharidy z dané potraviny vstřebávají pomaleji – má-li např. potravina GI 50, sacharidy z ní se vstřebají za dvojnásobek času oproti referenční potravine (Lebl et al., 2016, s. 455-456). Tabulka č. 4 uvádí kategorie potravin členěné podle GI.

**Tabulka č. 4.** Kategorie potravin podle hodnoty glykemického indexu (GI)

hodnota GI	vhodnost	příklady potravin
< 55	vhodné	celozrnné obiloviny, celozrnné pečivo, těstoviny, luštěniny, dužnaté ovoce, zelenina, ořechy, mléčné výrobky
55 – 75	méně vhodné	brambory, rýže, pečivo, snídaňové cereálie, sladké ovoce
> 75	nevhodné	sladkosti, sušené ovoce, slazené nápoje, pivo

zdroje: Lebl et al., 2016, s. 455-456; Rušavý & Kreuzbergová, 2008b, s. 89-94; Havlík & Marounek, 2012, s. 93

V rámci léčebné výživy je diabetická dieta rozdělena do 4 kategorií podle obsahu sacharidů a energie a nerozlišuje mezi 1. a 2. typem diabetu. Česká diabetologická společnost (2012) k diabetické dietě řadí také dietu redukční použitelnou při léčbě 2. typu diabetu (viz tabulka č. 5).

**Tabulka č. 5.** Typy diabetické diety podle denní dávky sacharidů

typ diety	sacharidy		bílkoviny		tuky		energie	
	g	% CEP	g	% CEP	g	% CEP	kcal	kJ
redukční	120	43	70	25	40	32	1100	4600
A	150	44	80	23	50	33	1400	6000
B	200	45	90	20	70	35	1800	7500
C	250	48	95	18	80	34	2100	8800
D	300	50	100	16	90	34	2400	10000

CEP = celkový energetický příjem

zdroj: Česká diabetická společnost, 2012

## 4 OVOCE

### 4.1 Ovoce jako zdroj sacharidů

Ovoce ve výživě člověka představuje významný zdroj monosacharidů a disacharidů, které jsou pro lidské tělo zásadním zdrojem energie. Význam ovoce není dán pouze obsahem energie, ale především obsahem dalších důležitých výživových látek. Ovoce je výborný zdroj vlákniny a mnoha mikroživin – vitaminů, minerálních látek a biologicky aktivní látek, jakými jsou např. antioxidanty, rostlinná barviva, organické kyseliny, třísloviny a aromatické látky (Pánek et al., 2002). Mnohé z těchto sloučenin mají ochranný vliv na lidské zdraví, od čehož se odvíjí doporučení pro pravidelnou konzumaci ovoce v minimálním množství 200 g denně (Společnost pro výživu, 2006). Ve výživě se nejvíce uplatňuje ovoce v čerstvé nezpracované formě, eventuálně ovoce mražené. Zpracované ovoce (kompoty, džemy, sušené ovoce) by ve stravě mělo být zastoupeno jen okrajově, neboť je často zdrojem přidaného cukru a navíc v důsledku zpracování může být obsah zdraví prospěšných látek snížen. Především vláknina je mechanickým zpracováním příliš rozrušená a tepelnou úpravou ubývají vitaminy i biologicky aktivní látky. Sušené ovoce zbavené vody představuje příliš koncentrovaný zdroj jednoduchých sacharidů (Svačina, Müllerová & Bretšnajdrová, 2013, s. 116).

Hlavními monosacharidy v ovoci jsou fruktóza a glukóza, další monosacharidy jsou zastoupeny v minimálních množstvích. Sacharóza je jediným disacharidem v ovoci a vyskytuje se v naprosté většině druhů několika málo výjimkami – konkrétně hroznové víno, třešně a fíky sacharózu neobsahují, což vysvětluje Velíšek & Hajšlová (2009, s. 236) jako důsledek její úplné hydrolýzy v průběhu zrání ovoce. Sacharóza v plodech totiž slouží jako zásobní látka, která se při zrání štěpí na příslušné monosacharidy. Celkové množství a skladba sacharidů v ovoci je značně proměnlivá, neboť je ovlivněna druhem ovoce, stupněm zralosti, posklizňovou úpravou, skladováním a v neposlední řadě také variabilitou uvnitř druhu (obsah sacharidů se liší kus od kusu) (Velíšek & Hajšlová, 2009, s. 214).

### 4.2 Ovoce ve výživě při onemocněních souvisejících s metabolismem sacharidů

Prospěšnost ovoce v prevenci některých onemocnění byla předmětem mnoha studií. Ellingsen, Hjerkin, Sejeftot, Arnesen & Tonstad (2008) uvádějí, že jeho konzumace je spojena se sníženým rizikem aterosklerózy, především u osob ohrožených zvýšeným rizikem kardiovaskulárních chorob. Stejně tak může konzumace ovoce působit protektivně proti hypertriglyceridémii (Takahashi, de Oliveira, Moreto, Portero-McLellan & Burini, 2010). Frankenfeld, Leslie & Makara (2015) dávají příjem ovoce a zeleniny do souvislosti se snížením rizika vzniku obezity a diabetu mellitu. Vendrame, Del Bo', Ciappellano, Riso & Klimis-Zacas (2016) dále uvádějí, že konzumace bobulového ovoce pomáhá díky obsahu antioxidantů korigovat metabolické odchylky vznikající při metabolickém syndromu a může tedy představovat jeho prevenci. Ovšem Shin, Kim, Kang, Han & Shim

(2015) shledali pozitivní účinek konzumace ovoce v prevenci metabolického syndromu jako neprůkazný. Wojcicki & Heyman (2012) však upozorňují na význam formy konzumovaného ovoce a poukazují na nevhodnost džusů, jejichž konzumace je spojena se zvýšeným rizikem vzniku obezity a metabolického syndromu. Hlavní příčinou je vysoký obsah jednoduchých sacharidů (hlavně sacharózy) a nedostatek přirozené vlákniny, která za normálního stavu snižuje vstřebatelnost sacharidů ze stravy, avšak v džusech bývá mechanicky rozrušena a tento účinek nemá.

Pro příjem ovoce v rámci léčebné stravy u onemocnění souvisejících s metabolismem sacharidů neexistují žádná striktní nařízení. Pro svůj obsah výživově významných látek je ovoce v dietách obecně doporučováno, ovšem jeho příjem by neměl být příliš vysoký kvůli přirozenému obsahu sacharidů. Ovoce se do diet zařazuje v množství 200 – 300 g denně, což odpovídá asi 1-2 ks (Matoulek & Daňková, 2016). Vhodné je ovoce čerstvé a nezpracované, zatímco zpracované formy ovoce jsou pro účely léčebné stravy nevhodné (Svačina, Müllerová & Bretšnajdrová, 2013, s. 116).

Při zařazování ovoce do léčebné stravy je třeba brát v potaz metabolické riziko ze zvýšeného příjmu fruktózy. Ten, jak již bylo řečeno, zvyšuje množství triglyceridů v krvi, způsobuje nárůst tukové tkáně a je příčinou jaterní steatózy. Za bezpečný příjem, který tento nežádoucí metabolický efekt nevyvolává, označuje Sánchez-Lozada et al. (2008) 25 - 40 g fruktózy denně. Zároveň nelze opomenout fyziologicky obtížnou vstřebatelnost fruktózy ze střeva, která může být příčinou průjmu (Česká diabetologická společnost, 2012).

Konkrétnější informace ohledně zařazování ovoce do léčebné stravy ovšem literární zdroje obsahují jen zřídka. Některé zdroje udávají druhy ovoce nevhodné pro určitá onemocnění, ale neuvádějí proč tomu tak je. Jindy lze dohledat doporučení pro příjem glukózy, fruktózy nebo sacharózy u konkrétních onemocnění, ale tyto informace již nejsou vztaženy ke konkrétním typům ovoce. Obecně lze říci, že těchto údajů je v odborné literatuře málo a chybí mezi nimi spojenost.

#### **4.2.1 Redukční dieta při obezitě a metabolickém syndromu**

V redukční dietě, kterou by měli dodržovat především pacienti obézní, ale také pacienti s metabolickým syndromem a diabetici 2. typu, je ovoce zařazováno několikrát denně po menších dávkách. Svačina, Müllerová & Bretšnajdrová (2013, s. 116) označují za relativně nevhodné druhy banány, hroznové víno a broskve. Opatrně by měly být konzumovány druhy, které obsahují velké množství jednoduchých sacharidů, nebo u nichž může nastat problém s individuální snášenlivostí (jablka, pomeranče, grepy, kiwi, mandarinky, jahody, rybíz, maliny atd.).

#### **4.2.2 Ateroskleróza a dyslipidémie**

Protisklerotická dieta cílí především na snížený příjem negativních nutrientů (nasycených tuků, cholesterolu a trans mastných kyselin) a zvýšený příjem pozitivních nutrientů – nenasycených mastných kyselin a vlákniny. Jednoduché sacharidy by měly



tvořit 10 % denního energetického příjmu, nicméně ovoce je do diety zařazováno dle výše uvedených obecných pravidel (kap. 4.2, str. 24) bez dalšího omezení (Svačina, 2016a).

### **4.2.3 Diabetes 1. typu**

Diabetici 1. typu mohou jíst prakticky všechny druhy ovoce, ale jeho příjem by neměl být příliš vysoký. Jedna porce by měla odpovídat 100 – 150 g ovoce (Rušavý & Kreuzbergová, 2008a) a jeho přesné množství by se mělo řídit podle výměnných jednotek (viz výše) (Křížová & Kříž, 2016). Kromě obsahu glukózy v ovoci ovšem nelze opomenout ani sacharózu, neboť v sobě kombinuje negativní dopady na glykémii i na tvorbu tělesného tuku, jak upozorňují Velíšek & Hajšlová (2009, s. 237). Lebl et al. (2016, s. 452) však dodávají, že není žádoucí odstraňovat sacharózu ze stravy diabetika (konkrétně dětí s diabetem 1. typu), jelikož četné vědecké studie prokázaly, že sacharóza z běžné stravy nemá nepříznivý vliv ani na krátkodobý průběh glykemií, ani na dlouhodobou metabolickou kontrolu. Křížová & Kříž (2016) doporučují, aby příjem sacharózy u diabetiků nepřekročil 50 g denně.

Přes všechna uvedená doporučení je však nezbytné připomenout, že každý diabetik 1. typu by měl při příjmu stravy přednostně vycházet ze selfmonitoringu glykémie, který mnohem přesněji vypovídá a vlivu konkrétní potraviny na hladinu glykémie.

### **4.2.4 Diabetes 2. typu**

Pacienti s diabetem 2. typu se často obávají zařazovat ovoce do stravy kvůli jeho obsahu jednoduchých sacharidů. Ovšem, jak již bylo zmíněno, ovoce obsahuje také mnoho zdraví prospěšných látek a při jeho celkovém hodnocení pozitivní efekty těchto látek převažují nad potenciálním rizikem spojeným se sacharidy (Matoulek & Daňková, 2016). Obsažená vláknina snižuje vstřebatelnost sacharidů (Wojcicki & Heman, 2012) a také zlepšuje inzulinorezistenci (Stöppler, 2018). Pravidelná konzumace ovoce je dokonce spojena se sníženým rizikem vzniku diabetu 2. typu. Pacienti se tudíž ovoce nemusejí obávat, obzvláště při preferenci plodů méně vyzrálých a sladkých mohou konzumovat prakticky všechny druhy ovoce v povoleném denním množství (Matoulek & Daňková, 2016). Oproti tomu Svačina, Müllerová & Bretšnajdrová (2013, s. 116) v rámci redukční diety, která je u diabetiků 2. typu indikována, doporučují některé druhy ovoce omezit (viz kap. 4.2.1, str. 24).

Jako náhradní sladidlo byla diabetikům dříve doporučována fruktóza. Johnson et al. (2009) upozorňují na riziko tohoto doporučení, kdy nadměrný příjem fruktózy může nepřímo v konečném důsledku diabetes 2. typu zhoršit, nebo dokonce vyvolat. Z tohoto důvodu se od zmíněného doporučení již upustilo. Denní příjem fruktózy ve stravě diabetika 2. typu by neměl přesahovat 25 – 30 g (Rušavý & Lacigová, 2008)

### **4.2.5 Fruktózová intolerance**

Při hereditární fruktózové intoleranci nelze ovoce vůbec konzumovat, neboť je nezbytné vyloučit ze stravy všechny zdroje fruktózy a sacharózy (Medicabaze.cz, 2007).

#### 4.2.6 Fruktózová malabsorpce a syndrom dráždivého tračníku

Pacienti se zhoršeným vstřebáváním fruktózy mohou ve stravě fruktózu buď omezit, nebo zajistit její lepší vstřebatelnost. Nežádoucím účinkům lze do značné míry zabránit, pokud bude fruktóza přijímána spolu se stejným (ekvimolárním) množstvím glukózy, jejíž přítomnost vstřebatelnost fruktózy zvyšuje. Ve stravě tudíž není třeba zásadně omezovat množství sacharózy, neboť díky ekvimolárnímu podílu glukózy je fruktóza plně absorbována. Nevhodné jsou druhy s vysokým obsahem fruktózy a nízkým obsahem glukózy, jako jsou jablka, hrušky, nashi, mango, vodní a cukrový meloun. Naopak pomeranče, mandarinky nebo ananas obsahují ekvimolární množství fruktózy a glukózy a problematické tudíž nejsou (Barrett & Gibson, 2007).

#### 4.3 Možné přístupy po zařazování ovoce do léčebné stravy

Jak již bylo zmíněno, pouze málo literárních zdrojů se věnuje zařazování ovoce do stravy u onemocnění souvisejících s metabolismem sacharidů. Přístupy pro zařazování ovoce do stravy pacientů jsou v zásadě dva. První z nich bere v potaz pouze celkový obsah sacharidů a druhý vychází z glykemického indexu jednotlivých druhů ovoce. Výjimečně jsou v doporučeních pro konkrétní onemocnění uvedeny vhodné nebo nevhodné druhy ovoce. Některá doporučení uvádí povolené denní množství konkrétního sacharidu, ovšem bez další praktické návaznosti, kdy by byla tato hodnota vyjádřena v odpovídajícím množství nebo druhu ovoce.

Z celkového obsahu sacharidů vychází výměnné jednotky pro usnadnění orientace příjmu stravy u diabetů 1. typu. Výpočty doporučených dávek potravin na základě obsahu sacharidů jsou dostupné v mnoha odborných publikacích, např. Klinické dietologii a výživě (Zlatohlávek et al., 2016). Také jsou součástí mnoha edukačních materiálů určených pro pacienty, především jako doporučení pro diabetiky – výměnné jednotky základních potravin vydalo např. Ministerstvo zdravotnictví (2016).

Hodnocení pomocí glykemického indexu udává, jak moc se po konzumaci dané potraviny zvýší glykémie. Glykemické indexy jednotlivých potravin jsou též dostupné v řadě odborných publikací, např. Klinické dietologii a výživě (Zlatohlávek et al., 2016). Tento parametr lze použít u hodnocení stravy diabetiků, neboť na jejím základě může pacient lépe odhadnout potřebnou dávku a dobu aplikace inzulínu. Glykemický index je však obtížně aplikovatelný na stravu smíšenou (Rušavý & Kreuzbergová, 2008b, s. 90).

Oproti výše popsaným přístupům by pro zařazování ovoce do diety mohl být zvolen přístup alternativní, který posoudí nejen celkové množství sacharidů, ale také jejich skladbu. Tímto způsobem může být obsah ovoce ve stravě efektivně optimalizován. Zvláště významný může být tento přístup u onemocnění, pro něž nejsou stanovena konkrétní doporučení pro příjem ovoce, jako je obezita, ateroskleróza, metabolický syndrom nebo syndrom dráždivého tračníku. Zároveň může mít význam také pro diabetické pacienty, pro něž sice existuje mnoho materiálů pro pomoc s dávkováním ovoce, ty však odrážejí pouze

hodnoty celkového obsahu sacharidů. Tyto materiály by tak bylo možné rozšířit o znalosti více a méně vhodných druhů ovoce na základě konkrétní skladby jednoduchých sacharidů.

#### 4.4 Problematika získávání údajů o obsahu sacharidů

Získání údajů o obsahu a skladbě jednoduchých sacharidů v ovoci je otázkou chemické analýzy potravin. Provedení chemické analýzy většinou není běžně dostupnou možností, ovšem data z již dříve provedených analýz mohou být volně přístupná pro odbornou i laickou veřejnost. V České republice je hlavním zdrojem těchto údajů Databáze složení potravin ČR – dostupná z [www.nutidatabase.cz](http://www.nutidatabase.cz) (ÚZEI, 2016). Tuto aplikaci spravuje a průběžně aktualizuje Ústav zemědělské ekonomiky a informací při Ministerstvu zemědělství ČR. Databáze shromažďuje data o obsahu jednotlivých nutrientů v potravinách a celkem popisuje živinové složení 750 potravin. Vedle základních živin (sacharidy, tuky, bílkoviny) uvádí také údaje o energetické hodnotě a obsahu minerálních látek a vitaminů. Tyto údaje obsahují také další databáze či aplikace, např. Nutriservis (Forsapi, s.r.o.) nebo KalorickéTabulky.cz (Dine4Fit, a.s.). V naprosté většině případů uvádí Nutriservis i KalorickéTabulky.cz pro ovoce totožné hodnoty obsahu sacharidů jako Databáze složení potravin ČR a je tedy pravděpodobné, že obě aplikace čerpají údaje právě z této databáze. Kromě toho jsou údaje o obsahu sacharidů dostupné v odborné literatuře, např. Chemii potravin (Velíšek & Hajšlová, 2009).

Otázkou však zůstává validita těchto údajů. Běžný uživatel nemá možnost ověřit si jejich platnost a navíc při bližším zkoumání může snadno zjistit, že data uvedená z různých zdrojů se často značně liší. Tento nesoulad může být způsoben odlišnostmi metodiky při provádění analýz, ale s největší pravděpodobností bude jeho příčinou přílišná proměnlivost materiálu (tedy ovoce), jak uvádí Velíšek & Hajšlová (2009, s. 214) a Ranganna (2008). Nespornou výhodou chemické analýzy však je možnost tuto variabilitu alespoň částečně popsat a vysledovat její zákonitosti. Kromě absolutních hodnot obsahu sacharidů lze hodnotit i další parametry, např. poměry jednotlivých sacharidů, variabilitu obsahu sacharidů v rámci druhu (mezi více kusy jednoho druhu ovoce) či variabilitu obsahu sacharidů v různých ročních obdobích (Ranganna, 2008). Na základě důsledné analýzy těchto parametrů lze vytipovat ukazatele příliš variabilní, a tedy pro dietetické hodnocení ovoce nevhodné, a naopak ukazatele málo proměnlivé, které by pro tento účel byly vhodnější.

Chemická analýza tedy představuje účinný nástroj pro zkoumání obsahů jednoduchých sacharidů v ovoci, ale takto získaná data musí být racionálně interpretována. Zároveň je použitelná i k ověření platnosti obecně dostupných údajů, a tudíž k posouzení jejich použitelnosti pro tvorbu diet.

## PRAKTICKÁ ČÁST

Jak bylo popsáno v teoretické části práce, jednoduché sacharidy ve stravě mohou významným způsobem ovlivňovat průběh, ale i vznik některých závažných onemocnění. Nedílnou součástí léčby těchto onemocnění je vždy úprava stravy. Do té je zařazováno také ovoce, které může mít řadu pozitivních účinků, ale zároveň představuje zdroj sacharidů. Nicméně, až na výjimky, není věnována pozornost detailnějším doporučením ovoce ve stravě u těchto onemocnění. Většina literárních zdrojů, které se k této problematice vyjadřují, udává pacientům doporučený příjem ovoce na základě celkového obsahu sacharidů, nebo bez bližší specifikace uvádí druhy ovoce nevhodné. Jen velmi málo přihlíží odborná literatura ke skladbě sacharidů v různých druzích ovoce. Širší znalost tohoto parametru by přitom mohla přinést poznatky využitelné v klinické praxi, neboť by na jejím základě mohla být vytvořena či optimalizována doporučení pro příjem ovoce u zmíněných onemocnění. V doporučení pro výživu diabetiků by na jejím podkladě mohly být pacientům doporučeny druhy ovoce s nízkým obsahem především glukózy a sacharózy, které ovlivňují hladinu glykémie. Pro stravu pacientů s obezitou, dyslipidemií, metabolickým syndromem a aterosklerózou bude mít význam znalost druhů ovoce s vysokým obsahem fruktózy, která negativně ovlivňuje lipidový profil séra a tím zhoršuje uvedená onemocnění. Stejně tak může tato znalost pomoci pacientům s fruktózovou malabsorpcí nebo syndromem dráždivého tračníku, kteří mají zhoršenou schopnost fruktózu vstřebávat.

Údaje o obsahu jednotlivých sacharidů v ovoci lze získat pouze chemickou analýzou. Provedení takové analýzy není běžně dostupnou záležitostí, nicméně je možné dohledat v odborné literatuře nebo jiných relevantních zdrojích výsledky již dříve provedených analýz. V České republice byla pro tyto účely zřízena Databáze složení potravin ČR, která obsahuje relevantní údaje o obsahu všech základních nutrientů u velkého množství běžně dostupných potravin. Nicméně odborná literatura uvádí, že ovoce (stejně jako jiné přírodní materiály) může mít značně variabilní obsah nutrientů a konkrétně obsah sacharidů se může lišit v závislosti na různých faktorech. Otázkou tak zůstává, zda jsou tyto údaje validní a jaká by byla jejich použitelnost pro tvorbu výše nastíněných doporučení. Jedinou možností jak ověřit validitu (neboli platnost) dostupných údajů je přímá chemická analýza ovoce. Lze předpokládat, že na jejím základě bude možné stanovit, zda jsou data v uvedené databázi platná, dále bude možné popsat jejich variabilitu jejich hodnot a na základě toho vytipovat údaje či parametry (např. celkový obsah sacharidů, obsah jednotlivých sacharidů, podíl sacharidů apod.) použitelné pro tvorbu doporučení pro popisovaná onemocnění.

## 5 CÍLE PRÁCE

Tato bakalářská práce si klade dva cíle. Prvním cílem je ověřit platnost údajů o obsahu sacharidů v různých druzích ovoce pomocí nezávislé chemické analýzy. Druhým cílem je interpretovat získané poznatky a využít je k tvorbě doporučení pro příjem ovoce u vytipovaných onemocnění souvisejících s příjmem nebo metabolismem sacharidů.

### **Formulace výzkumných otázek**

Bakalářská práce předkládá k zodpovězení následující otázky:

1. Jsou údaje o obsahu sacharidů uvedené v Databázi složení potravin ČR shodné s daty získanými nezávislou analýzou?
2. Jaký konkrétní parametr týkající se obsahu sacharidů je vhodný pro tvorbu doporučení?
3. Jaká doporučení pro zařazení ovoce do stravy u onemocnění souvisejících s metabolismem sacharidů lze na základě získaných poznatků vytvořit?

## 6 POPIS VLASTNÍHO VÝZKUMU

Vlastním výzkumem bakalářské práce byla chemická analýza vybraných druhů ovoce.

### 6.1 Design výzkumu

Design výzkumu byl sestaven podle obecných doporučení pro chemickou analýzu potravin (udávající požadavky na charakter vzorkování, postup přípravy vzorku, metody vyhodnocení dat apod.). Analytická metoda pro stanovení jednoduchých sacharidů byla převzata z příručky potravinářských analytických metod Handbook of Food Analytical Chemistry (Wrolstad et al, 2005) s drobnými úpravami podle manuálu pro analýzu rostlinného materiálu (Maness, 2010). Pro analýzu jednoduchých sacharidů byla zvolena vysokoúčinná kapalinová chromatografie s refraktometrickou detekcí (HPLC-RI). Před provedením analýzy byly orientačně stanoveny základní validační parametry použité metody (konkrétně linearita, limit detekce, limit kvantifikace, opakovatelnost měření) pro posouzení, zda je metoda pro daný účel vhodná. Analýza ovoce byla provedena dvakrát – v červenci a v březnu pro posouzení odlišností v obsahu sacharidů v ovoci v různých ročních obdobích.

### 6.2 Metody tvory dat

Chemickou analýzu obecně tvoří dvě části: metoda extrakční (příprava vzorku k analýze) a metoda detekční (samotná analýza vzorku), přičemž obě byly převzaty z výše uvedené odborné literatury.

Extrakční metoda slouží k uvolnění sledovaných látek (analytů) – v tomto případě jednoduchých sacharidů – z matrice (rostlinné tkáně). Rozpouštědlo (roztok uvolňující analyty z matrice) tvořil 95% ethanol. Pro extrakci sacharidů byl použit následující postup: k 10 g rozdrčeného nebo nastrohaného ovoce bylo přidáno 50 ml 95% ethanolu zahřátého na 75 °C a extrakce analytů (jejich uvolňování z matrice) byla podpořena umístěním vzorku do ultrazvukové lázně na 15 minut. Po celou dobu účinku ultrazvuku byla teplota vzorku udržována na min. 60 °C. Roztok s vyextrahovanými sacharidy (vzorek) byl následně dále upravován, aby z něj bylo odstraněno co nejvíce doprovodných nečistot. V první fázi byl vzorek přefiltrován (oddělení vyextrahované matrice) za použití vakuové filtrace, následně vyčeřen pomocí speciálního roztoku (tzv. Carrezovo činidlo) pro vysrážení látek necukerné povahy a následně byl dvakrát zfiltrován, nejprve přes filtrační papír pro odstranění sraženiny po Carrezově činidle a následně přes membránový filtr pro efektivnější odstranění nečistot. Postup extrakce vzorku spolu s fotografiemi je uveden v Příloze I.

Detekční metoda představuje samotnou analýzu, kdy je vzorek proměřen analytickým přístrojem, který zaznamená přítomnost hledaného analytu ve vzorku – resp.

zaznamenaná signál, který je emitován fyzikálně-chemickými vlastnostmi analytu. V rámci detekční metody byl vzorek proměřen analytickým přístrojem pro HPLC-RI. Roztokem pro chromatografickou separaci (tzv. mobilní fázi) byl 75% roztok acetonitrilu ve vodě. Vzorek je nanášen do mobilní fáze, která jej unáší k místu detekce (místu, kde je zachycen signál analytu). Správně zvolená mobilní fáze je klíčová pro správnou detekci, neboť umožňuje v průběhu unášení vzorku ze směsi analytů od sebe vzájemně oddělit jednotlivé látky. Ty se pak k místu detekce dostávají s různou časovou prodlevou a jimi emitovaný signál může být pro každý analyt zachycen zvlášť a vyhodnocen efektivněji. Místem rozdělování směsného vzorku je tzv. kolona. Pro analýzu byla použita kolona Zorbax Carbohydrate Analysis Column (46 mm x 250 mm, 5  $\mu$ m). Rychlost průtoku mobilní fáze byla 2 ml/min s izokratickou elucí (složení mobilní fáze se během analýzy nemění). Detekce analytů byla refraktometrického typu.

Na doplnění chemické analýzy byl pro každý druh ovoce stanoven jedlý podíl a průměrná hmotnost plodu. Jedlý podíl byl stanoven jako procentuální vyjádření hmotnostního rozdílu celého kusu ovoce a téhož kusu po odstranění nejedlých částí (pecky, slupka apod.). Pro každý druh ovoce byl jedlý podíl stanoven ve třech opakováních (tedy zvlášť na třech rozdílných kusech téhož druhu). Průměrná hmotnost celého plodu (bez odstranění nejedlých částí) byla stanovena jako aritmetický průměr hmotnosti 6 kusů od každého druhu ovoce.

### 6.3 Výzkumný soubor

Výše popsanou metodou bylo analyzováno celkem 30 druhů ovoce, jmenovitě ananas, banán, borůvky kanadské, borůvky lesní, blumy, broskve, granátové jablko, grapefruit, hroznové víno, hruška, jablko, jahody, kaki, kiwi, liči, maliny, mandarinka, mango, meloun cukrový, meloun vodní, meruňka, mučenka, nashi, nektarinka, ostružiny, papája, pomelo, pomeranč, švestky a třešně. Veškeré ovoce bylo koupeno v běžné tržní síti (supermarkety nebo maloobchody), aby soubor co nejvíce odpovídal ovoci nejčastěji dostupnému běžnému zákazníkovi. Od každého druhu byly analyzovány 3 kusy ovoce, z každého kusu byl připraven samostatný vzorek. Tento postup odpovídá běžným požadavkům na vzorkování a umožňuje posoudit variabilitu v obsahu analytu (jednoduchých sacharidů) mezi jednotlivými kusy v rámci jednoho druhu ovoce. Většina druhů ovoce byla analyzována při obou měřeních (v červenci i březnu) s výjimkou sezónního ovoce, které nebylo mimo sezónu dostupné. Následující druhy byly analyzovány pouze jednou: borůvky lesní, meruňky, švestky a třešně pouze v červenci, naopak kaki, liči a papája pouze v březnu.

### 6.4 Metody analýzy dat

Data získaná z analytického přístroje byla kvantifikována standardním způsobem za použití metody vnější kalibrace. Pro sestavení vnější kalibrace se používají tzv. standardy, tedy roztoky analytů (v tomto případě roztoky fruktózy, glukózy a sacharózy)

o přesně známé koncentraci. Z těchto standardů se sestavuje kalibrační řada, která obsahuje roztoky o známé a postupně se zvyšující koncentraci jednotlivých analytů. Porovnáním měřeného vzorku (reálného vzorku ovoce) s kalibrační řadou přístroj vyhodnocuje přesnou koncentraci analytu v reálném vzorku. Výsledky byly vyjádřeny v mg analytu (sacharidu) v 1 ml extraktu z ovoce a dále přepočítány na obsah v gramech ovoce resp. jeho jedlého podílu.

V každém vzorku byly analýzou stanoveny následující údaje: obsah fruktózy, obsah glukózy a obsah sacharózy. Prostým součtem byl stanoven celkový obsah sacharidů a doplňkově byl stanoven další parametr – poměr fruktózy a glukózy (F:G poměr). Volba tohoto parametru vycházela ze zamýšleného použití dat pro tvorbu doporučení, kdy s ohledem na podstatu zmíněných onemocnění bylo účelné posoudit, který ze dvou uvedených monosacharidů bude v jednotlivých druzích ovoce majoritní. Kromě toho existoval předpoklad, že prosté obsahy sacharidů budou v rámci jednotlivých druhů ovoce příliš variabilní (jak bylo popsáno v odborné literatuře, viz kap. 4.1, s. 23), zatímco poměrové vyjádření týchž hodnot by mohlo dosahovat méně proměnlivých hodnot.

Popsané parametry (obsahy jednotlivých sacharidů, celkový obsah sacharidů a F:G poměr) pro každý druh ovoce byly zhodnoceny popisnou statistikou. V jejím rámci byla pro každý parametr stanovena průměrná hodnota, směrodatná odchylka a variační koeficient (jako procentuální vyjádření podílu směrodatné odchylky a aritmetického průměru). Variační koeficient byl použit pro posouzení variability naměřených hodnot v rámci jednoho druhu (rozdílnost mezi jednotlivými kusy téhož ovoce) a variability hodnot mezi ročními obdobími (rozdílnost mezi hodnotami v jednom druhu ovoce v červenci a v březnu).

Z Databáze složení potravin ČR byly získány všechny dostupné údaje pro jednotlivé druhy ovoce, konkrétně obsah glukózy, obsah fruktózy, obsah sacharózy, po jejich prostém součtu celkový obsah sacharidů a rovněž poměr fruktózy a glukózy. K dispozici byly údaje o pouze 24 druzích ovoce, neboť některé druhy ovoce databáze neobsahuje (konkrétně blumy, granátové jablko, kaki, liči, meloun cukrový a meloun vodní). Databázové údaje pro nashi nebyl vzaty v potaz, neboť očividně neodpovídaly skutečnosti. Popisnou statistiku u databázových údajů nebylo možné vytvořit, neboť databáze uvádí vždy jen jednu průměrnou hodnotu.

Jednotlivé parametry (obsahy jednotlivých sacharidů, celkový obsah sacharidů a F:G poměr) získané chemickou analýzou byly porovnány s týmiž parametry získanými z databázových údajů a jejich rozdílnost byla statisticky vyhodnocena metodou MANOVA (multivariační analýzou rozptylu). Stejnou metodou byl zhodnocen také mezisezónní rozdíl v naměřených hodnotách.

Veškerá data byla zhodnocena v programech Microsoft Office 2010 Excel (Microsoft) a Statistica 12 (StatSoft Inc.).



## 7 VÝSLEDKY

Pro větší přehlednost jsou souhrnné výsledky měření ovoce uvedeny v Příloze II.

### *Analytická metoda*

Pro posouzení vhodnosti analytické metody pro stanovení sacharidů v různých druzích ovoce byly orientačně stanoveny základní validační parametry:

**Linearita analytické metody** = udává těsnost vztahu (korelaci) mezi obsahem analyzované látky a odezvou detekce, korelační koeficient  $R$  musí být min. 0,95, aby byl naměřený signál analytu kvantifikovatelný podle vnější kalibrace

**Limit detekce analytu** = udává nejnižší obsah analytu v matrici, který je danou analytickou metodou zjištěitelný

**Limit kvantifikace analytu** = udává nejnižší obsah analytu v matrici, který je danou analytickou metodou kvantifikovatelný

**Opakovatelnost měření** = udává procentuální odchylku, kterou vykazují výsledky při opakovaném proměřování jednoho a téhož vzorku – odráží tedy stabilitu detekce

Metoda dosáhla uspokojivé hodnoty linearit (průměrně  $R = 0,995$ ), která dosáhla vyšších hodnot než je minimální přípustná hranice. Limit detekce a limit kvantifikace byly pro všechny analyty shodně 1 mg/g analyzovaného materiálu (resp. 0,1 mg ve 100 g). Opakovatelnost metody byla 5 %. Všechny validační parametry dosáhly uspokojivých hodnot a prokázaly, že metoda je pro danou analýzu použitelná, neboť je schopna poskytnout relevantní výsledky.

### *Obsah sacharidů*

Obsahy sacharidů (jednotlivých i celkových) se lišily mezi jednotlivými druhy ovoce i v rámci jednoho druhu, a jejich proměnlivost (variabilita) byla vyjádřena variačním koeficientem. V rámci jednoho druhu se jednotlivé kusy ovoce průměrně lišily v obsahu fruktózy o 8 %, v obsahu glukózy o 11 %, v obsahu sacharózy o 33 % a v obsahu celkových sacharidů o 11 %. Nejméně proměnlivý byl tudíž obsah fruktózy a nejvíce proměnlivý byl obsah sacharózy.

Celkový obsah sacharidů ve 100 g jedlého podílu ovoce se pohyboval od 2,8 g do 22,1 g s průměrem 10,0 g. Nejméně sacharidů obsahovaly jahody (2,8 g v březnu resp. 6,3 g v červenci) a maliny (4,1 g v březnu resp. 5,1 g v červenci). Naopak nejvíce sacharidů obsahovaly banány (22,1 g v červenci) a třešně (16,8 g v červenci).

Statistické porovnání naměřených a databázových hodnot pro obsahy sacharidů prokázalo, že mezi nimi existuje statisticky významný rozdíl – údaje o obsazích sacharidů v databázi tudíž nejsou shodné s údaji získanými nezávislou analýzou.

## *Skladba sacharidů*

Jednotlivé druhy ovoce vykazovaly vysokou variabilitu jak v celkovém obsahu sacharidů, tak v jejich skladbě. Sacharóza byla majoritním sacharidem ve 13 druzích ovoce, jmenovitě šlo o ananas, banány, broskve, grapefruit, mandarinky, mango, meloun cukrový, meloun vodní, meruňky, nektarinky, pomelo, pomeranče a švestky. Ostatní druhy ovoce naopak sacharózu obsahovaly jen v malém množství. Z těchto druhů byla majoritním sacharidem ve 3 případech fruktóza – v hruškách, jablkách a lesních borůvkách a ve 2 případech glukóza – v blumách a třešních. V ostatních druzích byl obsažen buď stejný podíl fruktózy, glukózy i sacharózy (pouze v malinách), nebo stejný podíl fruktózy a glukózy, přičemž sacharóza byla obsažena jen v minimálním množství – do této skupiny se řadilo 12 druhů – borůvky kanadské, borůvky lesní, granátové jablko, hroznové víno, jahody, kaki, kiwi, liči, mučenka, nashi, ostružiny a papája.

## *Mezisezónní variabilita*

Ve většině případů vykazovalo ovoce vyšší hodnoty obsahu sacharidů v červenci. Březnové hodnoty byly v průměru o 23 % nižší a v některých případech dosahovaly dokonce pouze poloviny červencové hodnoty (konkrétně v jahodách a banánech). Naopak v ananasu, hroznovém víně, mandarinkách a jablkách byly v březnu naměřeny vyšší obsahy sacharidů než v červenci.

Statistické vyhodnocení prokázalo, že existuje statisticky významný rozdíl mezi hodnotami celkových i jednotlivých sacharidů naměřenými v červenci a v březnu.

## *Poměr fruktóza:glukóza (F:G poměr)*

Poměr fruktózy a glukózy vypočtený pro jednotlivé druhy ovoce dosahoval průměrné variability 6 %, což bylo méně než byly variability hodnot obsahů sacharidů. Potvrdil se tedy výchozí předpoklad, že tento parametr je méně proměnlivý než obsahy sacharidů. Statistické zhodnocení navíc prokázalo, že u většiny druhů ovoce se F:G poměr stanovený v červenci a březnu shoduje – mezi daty neexistoval statisticky významný rozdíl. Výjimkou byly hrušky, jablka, maliny, mango, meloun vodní a nashi, u kterých se červencový a březnový F:G poměr lišil. I v těchto případech však vždy vykazoval stejný trend – buď převahu fruktózy, nebo převahu glukózy, nebo jejich obdobný podíl.

U druhů ovoce s obdobným množstvím fruktózy a glukózy (hodnota F:G poměru okolo 1) byly hodnoty poměrů nejvíce stabilní. Oproti tomu druhy s převahou jednoho monosacharidu ve svých hodnotách významně fluktovaly. Konkrétně u hrušky a manga byla v převaze fruktóza a její obsah byl 2 – 4x vyšší než obsah glukózy. Obdobně u meruňek, švestek a třešní byla majoritním sacharidem glukóza a její obsah převyšoval obsah fruktózy 1,5 – 3x.

Statistickou metodou byly porovnány F:G poměry (červencový a březnový) s poměry vypočtenými z databázových údajů. U celkem 18 druhů ovoce byly k dispozici všechny 3 poměry, u 5 druhů ovoce byl pro porovnání s databázovou hodnotou k dispozici jen jeden údaj (buď červencový, nebo březnový) a u 7 druhů ovoce databázová hodnota

neexistovala. U 11 druhů ovoce byla zjištěna vysoká shoda v F:G poměru mezi naměřenými a databázovými hodnotami (obě měření nevykázala statistický rozdíl vůči databázové hodnotě). U dalších 3 druhů ovoce byla zjištěna relativně dobrá shoda mezi hodnotami (jeden naměřený poměr se shodoval s databázovou hodnotou, druhý nikoliv). U 8 druhů ovoce však byl stanoven průkazný rozdíl mezi oběma měřeními a databázovou hodnotou. Nicméně i v tomto případě existovala ve všech případech shoda v trendu - vždy jak databázová, tak naměřené hodnoty vykazovaly shodně převahu fruktózy či glukózy, popř. jejich stejný podíl.

Měření tedy dostatečně prokázalo, jaký je v konkrétním druhu ovoce majoritní z obou sacharidů, i když jeho přesný poměr vůči minoritnímu sacharidu může být proměnlivý.

## 8 DISKUZE

### *Obsah sacharidů*

Chemická analýza prokázala, že ovoce je značně heterogenní materiál, který může v rámci druhu vykazovat velké rozdíly v hodnotách jednotlivých i celkových sacharidů, a to až o 33 %. Tato zjištění jsou v souladu s tvrzeními jiných autorů. Velíšek & Hajšlová (2009, s. 214) uvádí, že variabilita v obsahu sacharidů v rámci jednoho druhu ovoce je dána stupněm zralosti, posklizňovou úpravou, skladováním, ale také přirozenou variabilitou. Obdobně další autoři uvádějí, že obsah jednoduchých sacharidů vzrůstá při zrání plodu (Prabha & Bhagyalakshmi, 1998) a klesá při zastiňování plodu během zrání (Nishizawa, Nakanishi, Ito, Togashi & Motomura, 1998). Zároveň existuje vysoká variabilita v obsahu sacharidů u různých odrůd jednoho typu ovoce, jak dokazují Hudina & Stampar (2000), Lazar et al. (2010) nebo Ogiwara et al. (1998). Z toho plyne, že obsah sacharidů v ovoci je ovlivněn množstvím různých parametrů a lze tedy očekávat jeho vysokou proměnlivost.

S tím souvisí také rozdíl v obsahu sacharidů v různých ročních obdobích, který byl analýzou zároveň prokázán. Hodnoty naměřené na jaře byly v průměru o 23 % nižší, což může souviset s delší dobou skladování, sklizní v odlišných fázích zralosti, nebo odlišností odrůd, které jsou dostupné v sezóně a mimo sezónu. Na druhou stranu, některé druhy ovoce v březnovém měření obsahovaly více sacharidů než v měření červencovém. Tento rozdíl lze nejspíš vysvětlit faktem, že pro červencovou a březnovou analýzu byly použity odlišné odrůdy těchto druhů ovoce, které mohly navíc pocházet z různých zemí. Tento závěr by vypovídal o vysoké meziodrůdové variabilitě u těchto druhů ovoce, což také potvrzují odborné studie (viz předchozí odstavec).

Provedená analýza prokázala, že ovoce je příliš proměnlivý materiál, než aby bylo možné obsah jednotlivých nebo celkových sacharidů vyjádřit jednou univerzálně platnou hodnotou, jako je tomu v Databázi složení potravin ČR. Lze tedy říct, že absolutní hodnoty sacharidů nemají s největší pravděpodobností velký praktický význam, neboť mohou dosahovat vysoké variability a pro tvorbu doporučení nelze tyto hodnoty považovat za relevantní.

### *Poměr fruktózy a glukózy*

Poměr fruktózy vůči glukóze byl nejméně proměnlivým parametrem získaným z chemické analýzy, jeho průměrná variabilita dosahovala pouhých 6 %. Navíc na rozdíl od ostatních naměřených parametrů, F:G poměr ve statistickém hodnocení prokázal nejvyšší shodu s databázovými údaji. Měření však prokázalo, že stabilní jsou především F:G poměry u těch druhů ovoce, které mají vyrovnaný podíl fruktózy i glukózy (hodnota poměru se tedy pohybuje okolo 1). Čím více je jeden z monosacharidů v převaze, tím jsou hodnoty poměru v rámci příslušného druhu ovoce variabilnější. Bohužel však nebyla nalezena žádná odborná studie, která by tento fakt vysvětlovala.

Statistické porovnání F:G poměrů naměřených v reálných vzorcích a vypočtených z databázových údajů prokázalo dobrou shodu. F:G poměr se tudíž jeví jako nejrelevantnější parametr pro tvorbu zmíněných doporučení.

### *Shrnutí výstupů chemické analýzy*

Na základě výše uvedených poznatků získaných z nezávislé chemické analýzy různých druhů ovoce lze formulovat odpovědi na první a druhou výzkumnou otázku.

Odpověď na první výzkumnou otázku tedy zní:

Údaje o obsazích sacharidů v různých druzích ovoce nejsou shodné s databázovými údaji získanými nezávislou analýzou, s výjimkou poměru fruktózy a glukózy.

Tento výstup zároveň dává odpověď na druhou výzkumnou otázku:

Vhodným parametrem pro tvorbu doporučení pro příjem ovoce u zmíněných onemocnění je poměr fruktózy a glukózy.

### *Tvorba doporučení*

Doporučení byla vytvořena na základě F:G poměru a odvíjela se tudíž od znalosti majoritního monosacharidu. V případě obezity, dyslipidémie, aterosklerózy, metabolického syndromu, fruktózové malabsorpce a syndromu dráždivého tračníku měla význam znalost obsahu fruktózy. Naopak u diabetu mellitu měla význam znalost obsahu glukózy.

Ovšem pro objektivní posouzení vhodnosti ovoce byly kromě F:G poměru vzaty v potaz i jiné faktory. Dalším posuzovaným faktorem byl rámcový obsah sacharidů. Provedená analýza prokázala, že nelze s jistotou určit přesný obsah sacharidů v konkrétním druhu ovoce, lze však poměrně dobře určit, zda konkrétní druh ovoce má spíše nízký či vysoký obsah sacharidů (vztaženo k průměrnému obsahu sacharidů v ovoci – 10,0 g celkových sacharidů ve 100 g jedlého podílu). Dále byly posuzovány hodnoty jedlého podílu, který se podle druhu ovoce pohyboval od 39 % (mučenka) až do 100 % (bobulové ovoce). Kromě toho byly vzaty v potaz také průměrná hmotnost plodu a očekávaný způsob konzumace.

Pro názorné vyjádření vlivu, který mohou uvedené faktory mít, lze uvést příklad: banány obsahují 22 g sacharidů ve 100 g jedlého podílu. Jedlý podíl činí 67 % hmotnosti plodu a jeden plod váží průměrně 210 g. Průměrný banán tedy bude obsahovat 31 g sacharidů. V případě, že by pacient snědl pouze část banánu, příjem sacharidů by se pohyboval v rozumných mezích. Ovšem z povahy banánu lze očekávat (stejně jako u všech druhů kusového ovoce), že pacient sní banán celý a je tedy nezbytné počítat s tím, že banány ve stravě pacientů budou s největší pravděpodobností zdrojem relativně vysokého množství sacharidů. Z toho plyne, že druhy ovoce s vysokým obsahem sacharidů (jako jsou banány nebo třešně) lze doporučit pro konzumaci pouze v omezeném množství.

Po přepočtení výsledků a vztažení hodnot sacharidů k doporučené denní dávce ovoce 200 - 300 g (Matoulek & Daňková, 2016) lze dojít k závěru, že příjem jednoduchých

sacharidů z ovoce nebude výrazně vysoký. S největší pravděpodobností také nebudou přesahovat obecně doporučovaných 10 % denního energetického příjmu (Havlík & Marounek, 2012, s. 100). Zároveň je nepravděpodobné, že by ovoce bylo zdrojem rizikového množství fruktózy, která by mohla vyvolat nežádoucí metabolický efekt. Tyto závěry jsou v souladu s tvrzením Bray, Nielsen & Popkin (2004), kteří uvádí, že z přirozených zdrojů nehrozí nadměrný příjem sacharidů.

Odlišně je však třeba nahlížet na zpracované ovoce. Zejména džusy, které se jeví jako zdravá alternativa čerstvého ovoce, jsou koncentrovaným zdrojem sacharidů bez obsahu neporušené vlákniny, a jsou tedy pro konzumaci nevhodné (Wojcicki & Heyman 2012).

Výstupy této práce jsou tudíž v souladu se závěry ostatních autorů – ve stravě pacientů se zmíněnými onemocněními lze obecně doporučit konzumaci ovoce v rozsahu doporučené denní dávky. Na rozdíl od zpracovaných potravin a slazených produktů se jedná o přirozený zdroj sacharidů, jehož konzumace není spojena s nadměrným příjmem sacharidů a tím pádem se vznikem souvisejících rizik. Dále uvedená doporučení blíže specifikují, které druhy ovoce budou více či méně vhodné ve vztahu k jednotlivým onemocněním.

## 9 VYTVOŘENÁ DOPORUČENÍ

Pro většinu onemocnění lze doporučení pro konzumaci ovoce shrnout do následujících bodů:

- vhodné budou druhy ovoce s nižším obsahem sacharidů
- vhodnější bude méně vyzrálé ovoce (kvůli nižšímu obsahu sacharidů)
- banány a třešně pro konzumaci lze doporučit pouze v omezeném množství
- nelze doporučit překračování doporučené denní dávky ovoce (200 – 300 g)
- vhodné je ovoce kusové a nezpracované, nevhodné jsou džusy

Následující doporučení byla vytvořena na základě F:G poměru s přihlédnutím k celkovému obsahu sacharidů, jedlému podílu a průměrné velikosti kusu ovoce.

### 9.1 Obezita, dyslipidémie, ateroskleróza, metabolický syndrom

Pro uvedená onemocnění má význam omezit ve stravě fruktózu. Preferované by měly být především druhy s nižším obsahem sacharidů, především fruktózy. Nevhodné tedy budou přednostně hrušky a jablka (kvůli vysokému obsahu fruktózy), dále pak banány, borůvky kanadské, granátové jablko, hroznové víno, kaki, liči mango a třešně (kvůli vysokému obsahu sacharidů). Mezi vhodné druhy lze zařadit grapefruit, jahody, maliny, mandarinky, mučenku, ostružiny, papáju, pomelo a pomeranče. Ostatní druhy by měly být konzumovány pouze omezeně.

**Tabulka č. 6.** Doporučení pro příjem ovoce u obezity, dyslipidémie, aterosklerózy a metabolického syndromu

<b>Obezita, dyslipidémie, ateroskleróza, metabolický syndrom</b>		
<b>vhodné</b>	<b>méně vhodné</b>	<b>nevhodné</b>
grapefruit	ananas	hrušky
jahody	blumy	jablka
maliny	borůvky lesní	
mandarinky	broskve	banány
mučenka	kiwi	borůvky kanadské
ostružiny	meloun cukrový	granátové jablko
papája	meloun vodní	hroznové víno
pomelo	meruňky	kaki
pomeranče	nashi	liči
	nektarinky	mango
	švestky	třešně

## 9.2 Hereditární fruktózová intolerance

Pro pacienty s hereditární fruktózovou intolerancí nelze doporučit žádný druh ovoce, neboť ve všech byl analýzou prokázán obsah fruktózy a ve většině případů také sacharózy.

## 9.3 Fruktózová malabsorpce, syndrom dráždivého tračníku

Pro osoby trpící fruktózovou malabsorpcí nelze doporučit druhy ovoce s převahou fruktózy – tedy hrušky a jablka. Naopak lze doporučit druhy ovoce s ekvimolárním podílem fruktózy a glukózy (případně převahou glukózy) a celkově nižším obsahem sacharidů. Do této skupiny lze zahrnout ananas, blumy, borůvky lesní, broskve, grapefruity, maliny, mandarinky, meruňky, mučenku, nektarinky, papáju, pomeranče a švestky. Z těchto druhů budou nejvhodnější ty, které obsahují minimální množství sacharidů – maliny a grapefruity. Pro konzumaci jiných než uvedených druhů je třeba ověřit individuální toleranci.

**Tabulka č. 7.** Doporučení pro příjem ovoce u fruktózové malabsorpce

Fruktózová malabsorpce		
vhodné	neutrální (po ověření tolerance)	nevhodné
grapefruit maliny  ananas blumy borůvky lesní broskve mandarinky meruňky mučenka nektarinky papája pomeranče švestky	banány borůvky kanadské granátové jablko hroznové víno jahody kaki kiwi liči mango meloun cukrový meloun vodní nashi ostružiny pomelo třešně	hrušky jablka

## 9.4 Diabetes mellitus

Pro pacienty s diabetem jsou nevhodné druhy s převahou glukózy, které mohou negativně ovlivňovat hladinu glykémie. Nevhodné budou tedy zejména lesní borůvky, třešně a blumy a dále pak banány a mango kvůli vysokému obsahu sacharidů, hlavně sacharózy. Relativně nevhodné budou také švestky a meruňky, protože obsahují hodně



sacharózy a poměrně hodně glukózy. Naopak vhodné budou zejména druhy bez majoritní glukózy a s nízkým obsahem sacharidů, jako jsou grapefruity, jahody, maliny, mučenka, ostružiny, papája, pomelo a pomeranče.

**Tabulka č. 8.** Doporučení pro příjem ovoce u diabetu mellitu

<b>Diabetes mellitus</b>		
<b>vhodné</b>	<b>méně vhodné</b>	<b>nevhodné</b>
borůvky lesní	ananas	blumy
grapefruity	borůvky kanadské	třešně
jahody	broskve	
maliny	granátové jablko	banány
mučenka	hroznové víno	mango
ostružiny	hrušky	meruňky
papája	jablka	švestky
pomelo	kaki	
pomeranče	kiwi	
	liči	
	mandarinky	
	meloun cukrový	
	meloun vodní	
	nashi	
	nektarinky	

## 10 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo provést nezávislou chemickou analýzu pro charakterizaci jednoduchých sacharidů v ovoci. Pro využití v klinické praxi byla z těchto výstupů sestavena doporučení pro příjem ovoce u onemocnění souvisejících s metabolismem sacharidů. V rámci praktické části práce bylo analyzováno 30 druhů ovoce, pro něž byl kvantifikován obsah jednoduchých sacharidů a popsána jejich skladba. Obsahy sacharidů v reálných vzorcích se statisticky významně lišily od týchž údajů obsažených v Databázi složení potravin ČR. Jako nejvhodnější parametr pro tvorbu doporučení byl zvolen poměr fruktózy a glukózy. Tento parametr dosahoval nejstabilnějších hodnot a jako jediný při statistickém zhodnocení vykázal shodu reálných vzorků s databázovými údaji. Analýza zároveň prokázala, že naprostou většinu druhů ovoce lze při onemocněních souvisejících s metabolismem sacharidů pro konzumaci doporučit v rozsahu doporučené denní dávky ovoce.

Cíle bakalářské práce byly splněny, neboť byla na základě výstupů analýzy vytvořena doporučení pro příjem ovoce u pacientů se zmíněnými onemocněními. V jejich rámci byly uvedeny obecné zásady pro příjem ovoce a dále druhy ovoce vhodné či nevhodné pro konzumaci u pacientů s konkrétními onemocněními. Uvedená doporučení jsou zpracována přehledně a jednoduše a mohla by tudíž být využita k edukaci či rozšíření znalostí pacientů trpících zmíněnými onemocněními.

## POUŽITÁ LITERATURA

- Atherosclerosis. (2014). In L., Rosenblum, I., Puzanov, & J., A., Knight, *Salem Press Encyclopedia of Health*. Dostupné 13. 3. 2018 z Research Starters: <<http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=6c32b3e9-be78-42db-b079-937e921985f4%40sessionmgr4010&bdata=Jmxhbm9Y3Mmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRl#AN=94416366&db=ers>>
- Barrett, J., S., & Gibson, P., R., (2007). Clinical ramifications of malabsorption of fructose and other-short chain carbohydrates. *Practical Gastroenterology*, 31(8), 51-65
- Baynes, J., W., & Dominiczak, M., H. (Eds.) (2009). Medical Biochemistry (3rd ed.). Philadelphia: Elsevier 118-121
- Bernášková, K. (2016). Fyziologie trávení a vstřebávání. In R., Rokyta (Ed.), *Fyziologie* (3rd. ed.) (s. 145-164). Praha: Galén
- Braden, B. (2009). Methods and functions: Breath tests. *Best Practice & Research in Clinical Gastroenterology*, 23(3), 337-352
- Bray, G., A., Nielsen, S., J., & Popkin, B., M. (2004). Consumption of high-fructose corn syrup in beverages may play a role in the epidemic of obesity. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79(4), 527-543
- Česká diabetická společnost. (2012). *Doporučený postup dietní léčby pacientů s diabetem*. Dostupné 23. 2. 2018 z: <[http://www.diab.cz/dokumenty/standard\\_dietni\\_lecba.pdf](http://www.diab.cz/dokumenty/standard_dietni_lecba.pdf)>
- Diabetes mellitus. (2013). In H., Klandorf, & S., W., Stark, *Magill's Medical Guide (Online edition)*. Dostupné 25. 2. 2018 z Research Starters: <<http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=3&sid=4e3aed4b-2d7b-4cd7-b009-a385c7e9a96a%40sessionmgr4008&bdata=Jmxhbm9Y3Mmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRl#AN=86194054&db=ers>>
- Dine4fit, a.s. KalorickéTabulky.cz Dostupné z: <<https://www.kaloricketabulky.cz/>>
- Ellingsen, I., Hjerkin, E., A., Sejeftot, I., Arnesen, H., & Tonstad, S. (2008). Consumption of fruit and berries is inversely associated with carotid atherosclerosis in elderly men. *British Journal of Nutrition*, 99(3), 674-681
- Forsapi, s.r.o. Nutriservis. Dostupné z: <<http://www.nutriservis.cz/cs/>>
- Frankenfeld, C., L., Leslie, T., F., Makara, M., A. (2015). Diabetes, obesity, and recommended fruit and vegetable consumption in relation to food environment sub-types: a cross-sectional analysis of Behavioral Risk Factor Surveillance System, United States Census, and food establishment data. *BMC Public Health*, 15, 491
- Havlík, J., & Marounek, M. (2012). *Živiny a živinové potřeby člověka*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze

- Holeček, M. (2016). *Regulace metabolismu základních živin u člověka*. Praha: Karolinum
- Hudina, M., & Stampar, F. (2000). Sugars and organic acids contents of European (*Pyrus Communis* L.) and Asian (*Pyrus Serotina* Rehd.) pear cultivars. *Acta Alimentaria*, 29(3), 217-230.
- Chakraborty, S., Bhattacharyya, R., & Banerjee, D. (2017). Infections: A Possible Risk Factor for Type 2 Diabetes. *Advances In Clinical Chemistry*, 80, 227-251
- Irritable Bowel Syndrome. (2013). In M., Hurd, M., E., Schwartz, & C. A. Ó'Moráin, *Magill's Medical Guide (Online edition)*. Dostupné 17. 2. 2018 z Research Starters: <<http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=5&sid=8801b58b-8a6e-4a73-8e19-efdc369c729%40sessionmgr101&bdata=Jmxhbm9Y3Mmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRl#AN=86194228&db=ers>>
- Janíčková-Žďárská, D., & Kvapil, M. (2017). *Moderní diabetologie*. Praha: Current Media, s.r.o.
- Johnson, R., K., Appel, L., J., Brands, M., Howard, B., V., Lefevre, M., Lustig, R., H., . . . Wylie-Rosett, J. (2009). Dietary Sugars Intake and Cardiovascular Health. A Scientific Statement From the American Health Association. *Circulation*, 120(11), 1011-1020
- Karásek, D., & Vavrková, H. (2011). Smíšená dyslipidemie – současné možnosti léčby. *Interní medicína pro praxi*, 13(1), 7-12.
- Koolman, J., & Röhm, K., H. (2012). *Barevný atlas biochemie* (4th ed.). Praha: Grada
- Křížová, J. (2016). Dieta a nutriční opatření u onemocnění gastrointestinálního traktu, jater a pankreatu. In L., Zlatohlávek (Ed.), *Klinická dietologie a výživa* (s.239-248). Praha: Current Media, s.r.o.
- Křížová, J. (2016). Energetický metabolismus. In L., Zlatohlávek (Ed.), *Klinická dietologie a výživa* (s. 47-53). Praha: Current Media, s.r.o.
- Křížová, J. (2017). Diabetes mellitus. In L., Zlatohlávek (Ed.), *Interna pro bakalářské a magisterské obory* (s. 79-92). Praha: Current Media, s.r.o.
- Křížová, J., & Kříž, J. (2016). Dietní léčba při diabetes mellitus 1. typu. In L., Zlatohlávek (Ed.), *Klinická dietologie a výživa* (s. 157-170). Praha: Current Media, s.r.o.
- Latulippe, M., E., & Skoog, S., M. (2011). Fructose Malabsorption and Intolerance: Effects of Fructose with and without Simultaneous Glucose Ingestion. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 51(7), 583-593
- Lazar, V., Sestras, A., Mitre, V., Sestras, R., Mitre, I., Ropan, G., & Barbos, A. (2010). Variation of sugar content and morphological traits in apple fruit depending on cultivars and fruit exposition in the crown. *Bulletin Of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca*, 66(1), 164-169

Lebl, J., Al Taji, E., Koloušková, S., Průhová, Š., Šnaderová, M., & Šumník Z. (2016). *Dětská endokrinologie a diabetologie*. Praha: Galén

Mannes, N. (2010). Extraction and Analysis of Soluble Carbohydrates. In Sunkar, R. (Ed.), *Plant Stress Tolerance: Methods and Protocols*. Dostupné 11. 7. 2017 z : <<http://www.plantstress.com/methods/soluble%20carbohydrates.pdf>>

Matoulek, M., & Daňková, M. (2016). Dieta u diabetu 2. typu. In L., Zlatohlávek (Ed.), *Klinická dietologie a výživa* (s. 171-191). Praha: Current Media, s.r.o.

Matoulek, M., & Sadílková, A. (2016). Dietní léčba při obezitě. In L., Zlatohlávek (Ed.), *Klinická dietologie a výživa* (s. 193-208). Praha: Current Media, s.r.o.

Medicabaze.cz. (2007). Hereditární intolerance fruktózy. Dostupné 18. 3. 2018 z: <[http://www.medicabaze.cz/index.php?&sec=term\\_detail&termId=2324&tname=Heredit%C3%A1ln%C3%AD+intolerance+frukt%C3%B3zy](http://www.medicabaze.cz/index.php?&sec=term_detail&termId=2324&tname=Heredit%C3%A1ln%C3%AD+intolerance+frukt%C3%B3zy)>

Metabolic syndrome. (2013) In C., L., Standen, & J. J. B. Anderson, *Magill's Medical Guide (Online Edition)*. Dostupné 17. 2. 2018 z Research Starters: <<http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=d245ade7-c2bd-417a-896a-4c3af4c03fd4%40sessionmgr103&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZZY29wZT1zaXRl#AN=86194297&db=ers>>

Ministerstvo zdravotnictví. (2016). Výměnné jednotky – základní potraviny. Dostupné 7. 4. 2018 z: <[http://www.zdravyzivotskukrovkou.cz/data/blob-rename/page-application\\_pdf-20160304064305-9830-vymenne-jednotky-zakladni-potraviny.pdf/](http://www.zdravyzivotskukrovkou.cz/data/blob-rename/page-application_pdf-20160304064305-9830-vymenne-jednotky-zakladni-potraviny.pdf/)>

Murray, R., K., Granner, D., K., Mayes, P., A., & Rodwell, V., W. (2002). Harperova biochemie (23rd ed.). Jihlava: H + H

Nečas, E., & Šulc, K. (2006). Patofyziologie endokrinní funkce pankreatu. In E., Nečas (Ed.), *Patologická fyziologie orgánových systémů, část II* (s. 587-600). Praha: Karolinum

Nishizawa, T., Nakanishi, M., Ito, M., Togashi, M., & Motomura, Y. (1998). Acetaldehyde, Ethanol, and Carbohydrate Concentrations in Developing Muskmelon Fruit (*Cucumis melo* L. cv. Andesu) Are Affected by Short-term Shading. *Horticultural Science*, 33(6), 992-994

Obesity. (2013). In L., A., de Angelo, K., Kalumuck, & V., E., Adlin, *Magill's Medical Guide (Online Edition)*. Dostupné 8. 4. 2018 z Research Starters: <<http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=b5f8ef37-7319-4d3a-89d2-0b0bb6c5b511%40sessionmgr4008&bdata=Jmxhbmc9Y3Mmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZZY29wZT1zaXRl#AN=89093493&db=ers>>

Ogiwara, I., Miyamoto, R., Habutsu, S., Suzuki, M., Hakoda, N., & Shimura, I. (1998). Variation in sugar content in fruit of four strawberry cultivars grown in the field and under forced culture, harvest years, and maturation stages. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 67(3), 400-405

- Olatunbosun, S. T. (2017, září). Insulin Resistance Treatment and Management. Dostupné 16. 12. 2017 z Medscape: <<https://emedicine.medscape.com/article/122501-treatment#d9>>
- Pánek, J., Pokorný, J., Dostálová, J., & Kohout, P. (2002). *Základy výživy*. Praha: Svoboda servis s.r.o.
- Pelikánová, T. (2010). Účinek inzulinu a inzulinová rezistence. In T., Pelikánová, & V., Bartoš (Eds.), *Praktická diabetologie* (4th ed.) (s. 32-46). Praha: Maxdorf, s.r.o.
- Pelikánová, T., Bartoš, V. (2010). Sekrece inzulinu. In T., Pelikánová, & V., Bartoš (Eds.), *Praktická diabetologie* (4th ed.) (s. 21-32). Praha: Maxdorf, s.r.o.
- Peng, J., Luo, F., Ruan, G., Y., Peng, R., & Li, X., P. (2017). Hypertriglyceridemia and atherosclerosis. *Lipids in Health and Disease*, 16, 233
- Perušičová, J. (2009). Klacifikace poruch homeostázy glukózy. In J., Škrha (Ed.), *Diabetologie* (s. 10-14). Praha: Galén
- Pitřhová, P. (2008, duben). Inzulinová rezistence a možnosti jejího ovlivnění. Dostupné 18. 2. 2018 z: <<http://www.remedia.cz/Okruhy-temat/Diabetologie/Inzulinova-rezistence-a-moznosti-jejeho-ovlivneni/8-V-wG.magarticle.aspx>>
- Prabha, T., N., & Bhagyalakshmi, N. (1998). Carbohydrate metabolism in ripening banana fruit. *Phytochemistry*, 48(6), 915-919
- Ranganna, S. (2008). Handbook of analysis and quality food control for fruit and vegetable products. New Delhi: Tata McGraw-Hill Education.
- Rušavý, Z., & Kreuzbergová, J. (2008a) Dieta při diabetu 1. typu. In Š., Svačina (Ed.), *Klinická dietologie* (s. 154-166). Praha: Grada
- Rušavý, Z., & Kreuzbergová, J. (2008b) Glykemický index potravin. In Š., Svačina (Ed.), *Klinická dietologie* (s. 89-94). Praha: Grada
- Rušavý, Z., & Lacigová, S. (2009). Dietní opatření. In J., Škrha (Ed.), *Diabetologie* (s. 269-278). Praha: Galén
- Rutledge, A., C., & Adeli, K. (2007). Fructose and the metabolic syndrome: Patophysiology and molecular mechanisms. *Nutrition Reviews*, 65(6), S13-S23
- Sánchez-Lozada, L., G., Le, M., P., Segal, M., & Johnson, R., J. (2008). How safe is fructose for persons with or without diabetes? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 88(5), 1189-1190
- Shin, J., Y., Kim, J., Y., Kang, H., T., Han, K., H., & Shim, J., Y. (2015). Effect of fruits and vegetables on metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66(4), 416-425

- Schaefer, E., J., Gleason, J., A., Dansinger, M., L. (2009). Dietary Fructose and Glucose Differentially Affect Lipid and Glucose Homeostasis. *The Journal of Nutrition*, 139(6), 1257S-1262S
- Silbernagl, S., & Despopoulos, A. (2016). *Atlas fyziologie člověka* (8th ed.). Praha: Grada
- Společnost pro výživu. (2006, leden). Zdravá 13 – stručná výživová doporučení pro širokou veřejnost. Dostupné 8. 4. 2018 z: <<http://www.vyzivaspol.cz/zdrava-trinactka-strucna-vyzivova-doporuceni-pro-sirokou-verejnost/>>
- Stöppler, M. C. (2018, únor). Insulin resistance. Dostupné 13. 4. 2018 z MedicineNet: <[https://www.medicinenet.com/insulin\\_resistance/article.htm#insulin\\_resistance\\_definition\\_and\\_facts](https://www.medicinenet.com/insulin_resistance/article.htm#insulin_resistance_definition_and_facts)>
- Suková, I. (2005, květen). Porucha vstřebávání fruktózy. Dostupné 17. 2. 2018 z: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=1&typ=1&val=35935&ids=98>>
- Svačina, Š. (2010). *Diabetologie*. Praha: Triton
- Svačina, Š., Bretšnajdrová, A., Češka, R., Matoulek, M., Olšáková, E., Owen, K., . . . Šmahelová, A. (2006). *Metabolický syndrom*. Praha: Triton
- Svačina, Š., Müllerová, D., & Bretšnajdrová, A. (2013). *Dietologie pro lékaře, farmaceuty, zdravotní sestry a nutriční terapeutky* (2nd ed.). Praha: Triton
- Svačina, Š. (2016a). Dieta při ateroskleróze. In L., Zlatohlávek (Ed.), *Klinická dietologie a výživa* (s. 210-224). Praha: Current Media, s.r.o.
- Svačina, Š. (2016b). Prediabetes a diabetes mellitus. In L., Zlatohlávek (Ed.), *Klinická dietologie a výživa* (s. 143-192). Praha: Current Media, s.r.o.
- Škrha, J. (2009). Pankreatické hormony. In J., Škrha (Ed.), *Diabetologie* (s. 37-39 ). Praha: Galén
- Takahashi, M., M., de Oliveira, E., P., Moreto, F., Portero-McLellan, K., C., Burini, R., C. (2010). Association of dyslipidemia with intakes of fruit and vegetables and the body fat content of adults clinically selected for a lifestyle modification program. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 60(2), 148-154
- ÚZEI. (2016). Databáze složení potravin ČR. Dostupné z: <<https://www.nutridatabaze.cz/>>
- ÚZIS. (2016). Zdravotnická ročenka České republiky 2016. Dostupné 24. 2. 2018 z: <<http://www.uzis.cz/publikace/zdravotnicka-rocenka-ceske-republiky-2016>>
- Velíšek, J., & Hajšlová, J. (2009). *Chemie potravin I* (3rd ed.). Praha: Osis
- Vendrame, S., Del Bo', C., Ciappellano, S., Riso, P., Klimis-Zacas, D. (2016). Berry Fruit Consumption and Metabolic Syndrome. *Antioxidants*, 5(4), 34

- Vokurka, M. (2000). Poruchy metabolismu sacharidů. In E. Nečas (Ed.), *Obečná patologická fyziologie* (s. 313-317). Praha: Karolinum.
- Wojcicki, J., M., & Heyman, M., B. (2012). Reducing Childhood Obesity by Eliminating 100% Fruit Juice. *American Journal of Public Health*, 102(9), 1630-1633
- Wrolstad, R., E., Acree, T., E., Decker, E., A., Penner, M., H., Reid, D., S., Schwartz, S., J., . . . Sporns, P. (2005). *Handbook of Food Analytical Chemistry*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons
- Zlatohlávek, L., Anderlová, K., Čablová, L., Daňková, M., Hubáček, J. A., Kravarová E., . . . Zlatohlávková D. (2016). *Klinická dietologie a výživa*. Praha: Current Media, s.r.o.
- Zlatohlávek, L., Pejšová, H., & Svačina, Š. (2016). Makronutrienty. In L., Zlatohlávek (Ed.), *Klinická dietologie a výživa* (s. 27-32). Praha: Current Media, s.r.o.
- Zlatohlávek, L. (2017a). Dyslipidemie. In L., Zlatohlávek (Ed.), *Interna pro bakalářské a magisterské obory* (s. 93-96). Praha: Current Media, s.r.o.
- Zlatohlávek, L. (2017b). Obezita, metabolický syndrom. In L., Zlatohlávek (Ed.), *Interna pro bakalářské a magisterské obory* (s. 75-78). Praha: Current Media, s.r.o.



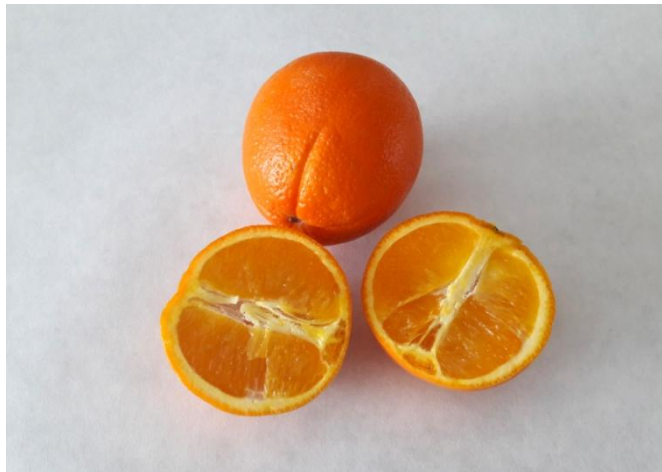
## SEZNAM ZKRATEK

acetylCoA	acetylkoenzym A
ATP	adenosintrifosfát
BMI	body mass index
CJ	cukerná jednotka
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
FODMAP	fermentovatelné oligo-, di-, monosacharidy a polyoly (fermentable oligo-, di-, monosaccharides and polyols)
GLUT	glucose transporter (označení transportního proteinu monosacharidů, především glukózy)
HDL	vysokodenzitní lipoprotein (high density lipoprotein)
IU	mezinárodní jednotka (international unit)
LDL	nízkodenzitní lipoprotein (low density lipoprotein)
n.a.	not available, údaje nejsou dostupné
oGTT	orální glukózový toleranční test
SGLT	sodium-dependent glucose transporter (označení transportního proteinu glukózy)
VLDL	velmi nízkodenzitní lipoprotein (very low density lipoprotein)

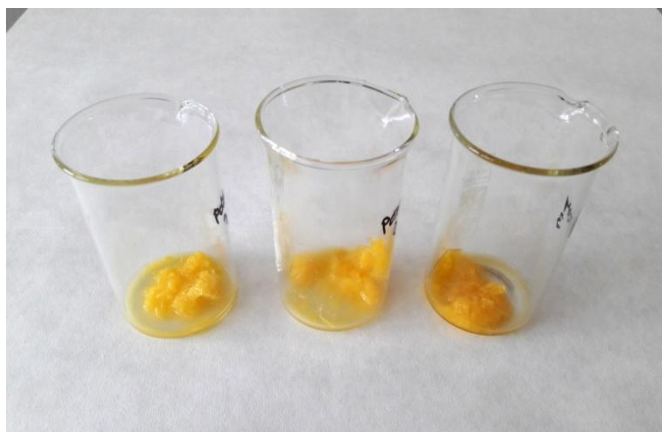
# PŘÍLOHY

## Příloha I

Postup extrakce vzorku



Obr. 1. Ovoce před zpracováním



Obr. 2. Nastrouháno 10 g ovoce ve 3 opakováních



Obr. 3. Přidáno 50 ml 95% ethanolu



Obr. 4. Vzorky v ultrazvukové lázni



Obr. 5. Vakuová filtrace pro oddělení kapalného extraktu.



Obr. 6. Extrakty po 1. filtraci (po odstranění zbytků matrice)



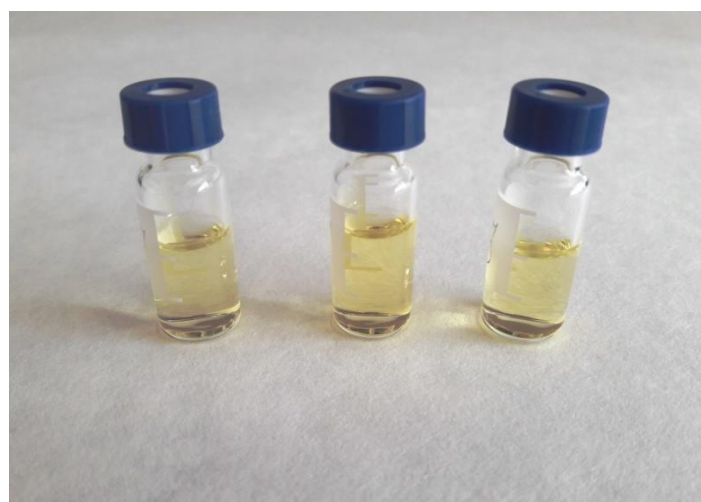
Obr. 7. Extrakty po přidání Carrezova činidla (vznik sraženiny)



Obr. 8. Odstraňování sražených necukrů z extraktu (2. filtrace)



Obr. 9. Zvyšování čistoty extraktu přes membránový filtr (3. filtrace)



Obr. 10. Přechištěné extrakty připravené k analýze

## Příloha II

Souhrnné výsledky chemické analýzy jednotlivých sacharidů v různých druzích ovoce

druh ovoce	původ dat	fruktóza	glukóza	sacharóza	celkové sacharidy	poměr F:G	jedlý podíl	majoritní sacharid
ananas	červenec	2,68	2,29	4,21	9,18	1,2	58	sacharóza
	březen	1,78	1,34	8,06	11,17	1,3		
	databáze	0,80	1,3	8,00	10,10	0,6		
banány	červenec	4,60	4,78	12,72	22,10	1,0	67	sacharóza
	březen	1,58	1,58	8,30	11,46	1,0		
	databáze	4,30	4,10	10,60	19,00	1,0		
borůvky kanadské	červenec	6,14	6,20	n. a.	12,34	1,0	100	fruktóza glukóza
	březen	4,65	3,37	0,25	8,26	1,4		
	databáze	3,60	2,60	0,20	6,40	1,4		
borůvky lesní	červenec	3,48	2,89	n. a.	6,38	1,2	100	fruktóza
	březen	-	-	-	-	-		
	databáze	3,60	2,60	0,20	6,40	1,4		
blumy	červenec	3,52	4,87	2,77	11,16	0,7	90	glukóza
	březen	2,51	2,83	5,07	10,40	0,9		
	databáze	-	-	-	-	-		
broskve	červenec	1,36	1,37	7,86	10,59	1,0	96	sacharóza
	březen	1,29	1,01	6,35	8,65	1,3		
	databáze	1,20	1,00	6,60	8,80	1,2		
granátové jablko	červenec	5,78	4,45	0,53	10,76	1,3	56	fruktóza glukóza
	březen	6,96	5,66	0,09	12,20	1,2		
	databáze	-	-	-	-	-		
grapefruit	červenec	1,26	1,15	1,96	4,37	1,1	61	sacharóza
	březen	1,58	1,47	2,78	5,83	1,1		
	databáze	1,70	1,90	2,80	6,40	0,9		
hroznové víno	červenec	5,92	5,82	n. a.	11,74	1,0	100	fruktóza glukóza
	březen	6,68	5,70	n. a.	12,55	1,2		
	databáze	7,40	7,10	0,50	17,00	1,0		
hrušky	červenec	7,44	4,26	1,04	12,74	1,7	95	fruktóza
	březen	5,72	2,41	1,35	9,48	2,4		
	databáze	6,60	1,90	1,80	10,30	3,5		
jablka	červenec	8,09	3,09	1,14	12,31	2,6	94	fruktóza
	březen	7,70	2,62	2,15	12,46	3,0		
	databáze	5,80	2,60	2,50	10,90	2,2		
jahody	červenec	3,03	2,57	0,67	6,27	1,2	96	fruktóza glukóza
	březen	1,15	0,85	0,83	2,84	1,3		
	databáze	2,50	2,50	1,00	6,00	1,0		
kaki	červenec	-	-	-	-	-	99	fruktóza glukóza
	březen	6,48	6,38	0,51	13,36	1,0		
	databáze	-	-	-	-	-		
kiwi	červenec	4,47	4,37	1,41	10,26	1,0	73	fruktóza glukóza
	březen	4,22	3,44	1,03	8,69	1,2		
	databáze	3,40	3,10	0,30	6,80	1,1		
liči	červenec	-	-	-	-	-	62	fruktóza glukóza
	březen	6,84	6,71	0,41	13,95	1,0		
	databáze	-	-	-	-	-		
maliny	červenec	1,81	1,46	1,83	5,10	1,2	100	fruktóza glukóza sacharóza
	březen	2,01	0,99	1,12	4,12	2,0		
	databáze	2,40	2,30	0,60	5,30	1,0		
mandarinky	červenec	1,75	1,47	4,99	8,20	1,2	80	sacharóza
	březen	1,99	1,75	5,38	9,13	1,1		
	databáze	2,20	2,00	4,00	8,20	1,1		

mango	červenec	3,12	0,68	8,37	12,17	4,6	56	sacharóza
	březen	3,09	0,93	4,49	8,51	3,3		
	databáze	2,60	0,90	9,00	12,50	2,9	69	
meloun cukrový	červenec	2,07	1,73	5,29	9,09	1,2	57	sacharóza
	březen	1,96	1,75	3,37	7,08	1,1		
	databáze	-	-	-	-	-	-	
meloun vodní	červenec	3,83	1,99	5,08	10,90	1,2	64	sacharóza
	březen	3,54	1,35	3,12	7,92	2,6		
	databáze	-	-	-	-	-	-	
meruňky	červenec	1,30	3,91	5,53	10,74	0,3	92	sacharóza
	březen	-	-	-	-	-		
	databáze	2,30	3,50	3,10	8,90	0,7	94	
mučenka	červenec	3,57	3,43	1,71	8,72	1,0	39	fruktóza glukóza
	březen	1,94	1,89	3,01	6,84	1,0		
	databáze	3,00	3,30	1,90	8,20	0,9	49	
nashi	červenec	5,43	5,00	0,34	10,77	1,1	94	fruktóza glukóza
	březen	3,78	4,75	0,11	8,65	0,8		
	databáze	n. a.	n. a.	1,00	1,00	0,0	94	
nektarinky	červenec	1,84	1,86	6,20	9,9	1,0	89	sacharóza
	březen	1,56	1,65	5,59	8,79	0,9		
	databáze	1,40	1,60	4,90	7,90	0,9	89	
ostružiny	červenec	6,57	5,05	0,41	12,03	1,3	100	fruktóza glukóza
	březen	4,55	3,83	0,12	8,50	1,2		
	databáze	2,40	2,30	0,10	4,90	1,0	100	
papája	červenec	-	-	-	-	-	62	fruktóza glukóza
	březen	3,42	3,22	0,94	7,58	1,1		
	databáze	4,30	3,90	0,00	8,20	1,1	72	
pomelo	červenec	2,07	2,01	4,32	8,40	1,0	78	sacharóza
	březen	2,26	1,99	3,79	8,05	1,1		
	databáze	1,50	1,30	4,10	7,00	1,2	43	
pomeranče	červenec	1,86	1,61	5,14	8,61	1,2	73	sacharóza
	březen	1,97	1,74	3,66	7,38	1,1		
	databáze	2,60	2,00	2,70	7,30	1,3	73	
švestky	červenec	1,49	3,98	61,54	12,01	0,4	94	sacharóza
	březen	-	-	-	-	-		
	databáze	2,30	3,40	3,80	9,50	0,7	48	
třešně	červenec	6,07	10,69	n. a.	16,75	0,6	87	glukóza
	březen	-	-	-	-	-		
	databáze	5,60	6,50	0,40	12,50	0,9	89	



## **Protokol o úplnosti náležitostí bakalářské práce**

**Titul, jméno, příjmení:** Ing. Marie Eliášová

**Název práce:** Analýza obsahu jednoduchých sacharidů v ovoci jako prostředek ověření databázových údajů pro využití v klinické praxi

**Vedoucí práce:** Mgr. Tamara Starnovská

Prohlašuji, že jsem odevzdal (a) vysokoškolskou kvalifikační práci v souladu s:

**Opatřením rektora č. 6/2010** (dostupné z <http://www.cuni.cz/UK-3470.html>)

**Opatřením rektora č. 8/2011** (dostupné z <http://www.cuni.cz/UK-3735.html>)

**Opatřením děkana č. 10/2010** (dostupné z [http://www.lfl.cuni.cz/file/21321/opad10\\_10.pdf](http://www.lfl.cuni.cz/file/21321/opad10_10.pdf))

Zároveň prohlašuji, že jsem do Studijního informačního systému vložil (a) plný text vysokoškolské kvalifikační práce včetně všech povinných souborů podle typu práce:

- abstrakt ČJ
- abstrakt AJ

Při vkládání textu práce a všech souborů jsem postupoval (a) podle návodu dostupného z [http://www.lfl.cuni.cz/file/25838/navod\\_vkladani\\_prace.pdf](http://www.lfl.cuni.cz/file/25838/navod_vkladani_prace.pdf).

Nahrané soubory jsem následně zkontroloval (a).

Odpovídám za správnost a úplnost elektronické verze práce a všech dalších vložených elektronických souborů.

1 exemplář práce svázaný v pevné plátěné vazbě + CD ROM s e-verze práce v příloze obsahuje všechny povinné náležitosti:

Příloha č. 1 – Titulní strana, Prohlášení diplomanta, Identifikační záznam, abstrakt v ČJ a AJ - [http://www.lfl.cuni.cz/file/21323/opad10\\_10\\_pril1.pdf](http://www.lfl.cuni.cz/file/21323/opad10_10_pril1.pdf)

Příloha č. 6 – Prohlášení zájemce o nahlédnutí - [http://www.lfl.cuni.cz/file/21329/opad10\\_10\\_pril6.pdf](http://www.lfl.cuni.cz/file/21329/opad10_10_pril6.pdf)

Datum:

Podpis studenta

Kontrolu úplnosti náležitostí provedla osoba pověřená garantem:



## EVIDENCE VÝPŮJČEK

### Prohlášení:

Beru na vědomí, že odevzdáním této závěrečné práce poskytuji svolení ke zveřejnění a k půjčování této závěrečné práce za předpokladu, že každý, kdo tuto práci použije pro svou přednáškovou nebo publikační aktivitu, se zavazuje, že bude tento zdroj informací řádně citovat.

V Praze, 30. 4. 2018

Podpis autora závěrečné práce

Jako uživatel potvrzuji svým podpisem, že budu tuto práci řádně citovat v seznamu použité literatury.

[illegible]